

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR -
MATRIZ**

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA COMERCIAL**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
ESTADÍSTICO DE PROCESOS PARA EL DEPARTAMENTO DE
LOGÍSTICA DE UNA EMPRESA FARMACÉUTICA DE LA
CIUDAD DE QUITO**

DAVID FERNANDO JIMÉNEZ ZÚÑIGA

DIRECTOR: ING. PAUL IDROBO, MBA.

QUITO, JUNIO 2017

DIRECTOR:

Ing. Paúl Idrobo, MBA.

INFORMANTES:

Ing. Juan Carlos Piñuela, MBA.

Ing. Irina Vercovitch, Mgtr.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, a mi padre y a mi madre quienes siempre me han brindado su apoyo, comprensión y amor. Gracias a ellos puedo convertirme en un profesional.

David

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de mi experiencia profesional y académica, gracias a ello puedo concluir exitosamente este trabajo de titulación.

A MERCK SHARPH & DOHME y a todo el equipo de SCM por permitirme realizar este proyecto y brindarme la apertura para el uso de la información necesaria para el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Paul Idrobo director del trabajo presentado a continuación, por su oportuna e importante ayuda y guía durante todo el desarrollo del presente trabajo.

Al Ing. Santiago López, co-creador de la idea que me llevo a desarrollar este proyecto, por sus conocimientos impartidos y experticia.

David

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO Y LA EMPRESA.....	3
1.1 Industria Farmacéutica en Ecuador	3
1.2 Empresa Farmacéutica 1	4
1.2.1 Visión.....	5
1.2.2 Misión.....	5
1.3 Empresa Farmacéutica 2.....	6
1.3.1 Visión.....	6
1.3.2 Misión.....	7
1.4 Empresa Farmacéutica 3.....	7
1.4.1 Visión.....	7
1.4.2 Misión.....	8
2 MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Estadística	10
2.2 Calidad.....	11
2.2.1 Historia de la calidad	11
2.3 Control estadístico de procesos	13
2.3.1 Concepto.....	13
2.3.2 Objetivos.....	14
2.3.3 Tipos de variaciones	14
2.4 Diagramas de control.....	16
2.4.1 Introducción.....	16
2.4.2 Tipos de diagramas de control.....	16
2.4.3 Tipos de patrones.....	22
2.4.3.1 Observaciones externas individuales.....	22
2.4.3.2 Tendencias crecientes o decrecientes	23
2.4.3.3 Saltos en el nivel alrededor del cual varían las observaciones	23
2.4.3.4 Ciclos	24
2.4.3.5 Atracción hacia los límites de control	24

2.4.3.6	Atracción hacia a línea control	25
2.5	Índices de capacidad para procesos	25
2.5.1	Procesos con una sola especificación	26
2.6	Pronósticos y series de tiempo.....	27
2.6.1	Introducción.....	27
2.6.2	Tipos de series de tiempo	27
2.6.2.1	Serie no estacionaria	27
2.6.2.2	Serie estacionaria.....	28
2.6.3	Variaciones o componentes	28
2.6.3.1	Tendencia secular	28
2.6.3.2	Fluctuación cíclica.....	29
2.6.3.3	Variación estacional	29
2.6.3.4	Variación irregular o aleatoria.....	30
2.6.4	Pronósticos dentro y fuera de la muestra.....	30
2.6.4.1	Pronósticos estáticos y dinámicos	30
2.6.5	Metodología de box- jenkins	31
2.6.6	Modelo arma y arima.....	31
2.6.6.1	Modelo de Media Móvil, MA (q).....	32
2.6.6.2	Modelos Auto Regresivos, AR (p)	32
2.6.6.3	Modelos Mixtos Auto Regresivos – Media Móvil, Arma (p, q)	32
2.6.7	Medición del error de pronóstico.....	33
3	CASO DE ESTUDIO.....	35
3.1	Introducción.....	35
3.2	Análisis unidades de negocio	39
3.2.1	Unidad de negocio A	40
3.2.2	Unidad de negocio B	41
3.2.3	Unidad de negocio C	42
3.2.4	Unidad de negocio D	43
3.3	Análisis de productos.....	44
3.3.1	Producto 1025021	45
3.3.2	Producto 1000468.....	48
3.3.3	Producto 1025213.....	51
3.3.4	Producto 1020955.....	54

4	PRONÓSTICOS	58
4.1	Producto 1000468.....	58
4.2	Producto 1025021	66
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
5.1	Conclusiones.....	76
5.2	Recomendaciones	77
	REFERENCIAS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro resumen - Unidad A	19
Tabla 2: Muestra - Factores para la construcción de gráficos de control	20
Tabla 3: Muestra tabla – Datos individuales	21
Tabla 4: Índices para la construcción de gráficas de control	22
Tabla 5: Muestra – Rangos móviles	22
Tabla 6: Codificación de productos	37
Tabla 7: Análisis de Pareto - Productos principales	39
Tabla 8: Índice de capacidad - Producto 1025021	47
Tabla 9: Índice de capacidad - Producto 1000468.....	50
Tabla 10: Índice de capacidad	53
Tabla 11: Índice de Capacidad.....	56
Tabla 12: Estimaciones de función de autocorrelación y autocorrelación parcial – Producto 1000468 – Modelo 1.....	59
Tabla 13: Prueba de estacionariedad Dickey-Fuller – Producto 1000468 – Modelo 1 .	59
Tabla 14: Coeficiente AR(4) – Producto 1000468 – Modelo 1.....	60
Tabla 15: Correlograma de los residuos – Producto 1000468 – Modelo 1	61
Tabla 16: Coeficiente AR(4) MA(9) MA(1) MA(8) – Producto 1000468 – Modelo 2	62
Tabla 17: Correlograma de los residuos – Producto 1000468 – Modelo 2	62
Tabla 18: Resumen coeficientes Producto 1000468 – Modelo 1	63
Tabla 19: Resumen coeficientes Producto 1000468 – Modelo 2	63
Tabla 20: Comparación Modelo 1 vs Modelo 2 – Producto 1000468.....	64
Tabla 21: Índices de error de pronóstico – Producto 1000468.....	65
Tabla 22: Índices de error de pronóstico mejorado – Producto 1000468.....	66
Tabla 23: Estimaciones de función de autocorrelación y autocorrelación parcial – Producto 1025021 – Modelo 1.....	67
Tabla 24: Prueba de estacionariedad Dickey-Fuller – Producto 1025021 – Modelo 1 .	68
Tabla 25: Coeficiente de correlación MA(14) – Producto 1025021 – Modelo 1	68
Tabla 26: Correlograma de los residuos – Producto 1025021 – Modelo 1	69
Tabla 27: Coeficiente AR(1) MA(14) – Producto 1025021 – Modelo 1.....	70
Tabla 28: Correlograma de los residuos – Producto 1025021 – Modelo 1	70
Tabla 29: Coeficiente AR(1) MA(14) MA(5) MA(9) – Producto 1025021 – Modelo 2.	71

Tabla 30: Correlograma de los residuos – Producto 1025021 – Modelo 2	72
Tabla 31: Resumen coeficientes Producto 1025021 – Modelo 1	72
Tabla 32: Resumen coeficientes Producto 1025021 – Modelo 2	73
Tabla 33: Comparación Modelo 1 vs Modelo 2 – Producto 1025021	73
Tabla 34: Índices de error de pronóstico – Producto 1025021	75
Tabla 35: Índices de error de pronóstico mejorado – Producto 1025021	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Número de Farmacias en el Ecuador.....	4
Figura 2: Muestra de diagrama de control	16
Figura 3: Observaciones externas individuales	22
Figura 4: Tendencias crecientes o decrecientes	23
Figura 5: Saltos en el nivel alrededor del cual varían las observaciones.....	23
Figura 6: Ciclos.....	24
Figura 7: Atracción hacia los límites de control	24
Figura 8: Atracción hacia a línea control.....	25
Figura 9: Tendencia secular	28
Figura 10: Fluctuación cíclica.....	29
Figura 11: Variación estacional	29
Figura 12: Variación irregular o aleatoria.....	30
Figura 13: Productos por unidad de negocio	35
Figura 14: Origen del producto.....	36
Figura 15: Diagrama de Pareto – Unidades	38
Figura 16: Diagrama de Pareto – Dinero	38
Figura 17: Carta datos individuales - Unidad de negocio A.....	40
Figura 18: Carta rangos móviles – Unidad de negocio A.....	41
Figura 19: Carta datos individuales - Unidad de negocio B	41
Figura 20: Carta rangos móviles – Unidad de negocio B	42
Figura 21: Carta datos individuales - Unidad de negocio C	42
Figura 22: Carta rangos móviles – Unidad de negocio C	43
Figura 23: Carta datos individuales - Unidad de negocio D.....	43
Figura 24: Carta rangos móviles – Unidad de negocio D.....	44
Figura 25: Carta datos individuales - Producto 1025021 – Unidades	45
Figura 26: Carta rangos móviles – Producto 1025021 – Unidades	45
Figura 27: Carta datos individuales - Producto 1025021 – Dólares	46
Figura 28: Carta rangos móviles – Producto 1025021 – Dólares	46
Figura 29: Carta datos individuales - Producto 1000468 – Unidades	48
Figura 30: Carta rangos móviles – Producto 1000468 – Unidades	48
Figura 31: Carta datos individuales - Producto 1000468 – Dólares	49

Figura 32: Carta rangos móviles – Producto 1000468 – Dólares	49
Figura 33: Carta datos individuales - Producto 1025213 – Unidades	51
Figura 34: Carta rangos móviles – Producto 1025213 – Unidades	51
Figura 35: Carta datos individuales - Producto 1025213 – Dólares	52
Figura 36: Carta rangos móviles – Producto 1025213 – Dólares	52
Figura 37: Carta datos individuales - Producto 1020955 – Unidades	54
Figura 38: Carta rangos móviles – Producto 1020955 – Unidades	54
Figura 39: Carta datos individuales - Producto 1020955 – Dólares	55
Figura 40: Carta rangos móviles – Producto 1020955 – Dólares	55
Figura 41: Comportamiento ventas del producto 1000468	58
Figura 42: Pronóstico segundo semestre 2016 – Producto 1000468	64
Figura 43: Comparación ventas reales vs pronostico – Producto 1000468.....	65
Figura 44: Comportamiento ventas del producto 1025021	66
Figura 45: Pronóstico segundo semestre 2016 – Producto 1025021	74
Figura 46: Comparación ventas reales vs pronostico – Producto 1025021	74

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de titulación demuestra la importancia y la inferencia que tiene un correcto monitoreo de las ventas y pronóstico de ventas (FORECAST) para la planificación de la demanda de una farmacéutica multinacional de origen estadounidense.

Inicialmente se muestran los antecedentes de la industria farmacéutica en nuestro país y se expone como han venido desarrollando sus actividades las empresas en las que se centra este estudio.

Después se indican definiciones básicas de estadística y calidad para introducir el concepto del Control Estadístico de Procesos, su definición, objetivos, variaciones y usos y tipos de diagramas de control con sus patrones. Adicional también se revisan los índices de capacidad para procesos junto con pronósticos y series de tiempo.

Luego se presenta el caso de estudio que parte de manera general, primero por las unidades de negocio de la compañía para proceder a enfocarse en los productos principales de la empresa.

Los pronósticos basados en series de tiempo son piezas clave para este estudio ya que permiten tener una noción de cómo se pueden aplicar los modelos planteados en este capítulo a la organización.

Junto con todas estas herramientas aplicadas a los datos reales de una multinacional farmacéutica se puede llegar a una posible solución a un problema que afecta en millones de dólares a la organización y que mediante este trabajo se confirmó y documentó que la gestión que se ha venido realizando puede mejorarse.

INTRODUCCIÓN

La empresa en la que se basa el presente estudio se dedica principalmente a la comercialización de fármacos a nivel nacional. Esta actividad la ha venido desarrollando desde hace varios años siendo el departamento de logística el encargado de monitorear los productos desde el momento del embarque en el medio de transporte desde la ciudad de origen, durante su transporte y también se encarga de garantizar la nacionalización de los productos para su posterior almacenamiento y distribución a nivel nacional.

A finales del año 2014 debido a regulaciones mencionadas posteriormente las compañías del sector farmacéutico se vieron obligadas a adoptar nuevas estrategias que cambiaron las condiciones en las que se venían desarrollando las actividades comerciales de la empresa. Por este motivo se desea trabajar para mejorar el control y el monitoreo del volumen de ventas.

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es lograr la implementación de un sistema de control estadístico de procesos en el departamento de logística de la empresa farmacéutica sobre la cual se realiza el estudio.

Para lograr la consecución exitosa de lo antes mencionado se determinaron los siguientes aspectos relevantes para llevar a cabo la investigación:

- Determinar los métodos de control estadístico de procesos y su implementación que permitan la optimización del inventario mediante el monitoreo del producto vendido.
- Establecer los diagramas de control adecuados para el estudio de los datos.
- Determinar un modelo de pronósticos para la serie de datos del estudio.
- Verificar si el pronóstico es acertado.

- Plantear una posible solución al problema de la empresa mediante el desarrollo del presente trabajo.

La investigación realizada se justifica en la implementación de control estadístico de procesos y junto con la elaboración de pronósticos se podrá aumentar el poder de toma de decisiones dentro de la empresa con el fin de mejorar la elaboración y monitoreo posterior del forecast y ventas de la empresa.

El desarrollo conceptual y práctico de la herramienta de control estadístico de procesos aplicado a una industria farmacéutica se espera que sea de utilidad para empresas que comparten la misma industria en la que se aplicará el presente trabajo, así como modelo de consulta para otras empresas de diferentes sector, industrias, nacionales o internacionales e industrias en general.

1 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO Y LA EMPRESA

En el presente capítulo se presenta una pequeña introducción de la industria farmacéutica en el país y se muestra la historia detrás de las empresas en las que se va a basar el estudio, su misión, visión y datos relevantes.

1.1 Industria Farmacéutica en Ecuador

La industria farmacéutica en el país tiene más de 100 años de antigüedad. Durante el gobierno del general Rodríguez Lara los laboratorios farmacéuticos de origen extranjero se instalaron en el país creando plazas de empleo, capacitando y preparando profesionales ecuatorianos. Esto también dio lugar que otros laboratorios contrataran los servicios de producción a empresas de fabricación local.

A finales de la década de los 80 y a inicios de los 90 la gran mayoría de empresas instaladas en el Ecuador cerraron sus operaciones por decisiones internas (Ayala, 2014).

El Mercado privado corresponde a las ventas que se realizan en las farmacias del país que en Ecuador corresponden a US\$ 1.200 millones de dólares anuales y cuyo crecimiento ha disminuido significativamente en los últimos años (5% a junio de 2013).

En los últimos años los puntos de venta de las cadenas de farmacias se han incrementado pues brindar al consumidor final facilidades, mejores servicios y mejores precios, como se muestra en el siguiente gráfico (Ayala, 2014).

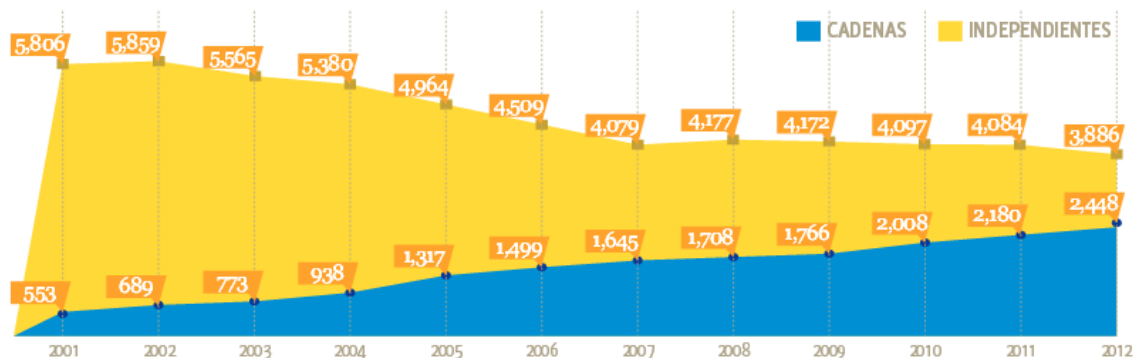


Figura 1: Número de Farmacias en el Ecuador

Fuente: (Ayala, 2014)

1.2 Empresa Farmacéutica 1

La EMPRESA FARMACÉUTICA 1 como se la llamará de ahora en adelante pertenece a la industria farmacéutica, siendo líder en investigación, desarrollo, elaboración y comercialización de productos provenientes de distintos orígenes alrededor del mundo con un solo fin el cual es mejorar y preservar la calidad de vida de sus pacientes.

Tuvo sus inicios hace más de 100 años en Estados Unidos y la visión de su fundador fue que la EMPRESA FARMACÉUTICA 1 sea una organización líder en la elaboración de fármacos y así preservar el bienestar de sus consumidores. Para 1897, la EMPRESA FARMACÉUTICA 1 facturaba más de 1 millón de dólares anuales.

Con una gran contribución en el programa de investigación y desarrollo de la droga conocida en la actualidad como Penicilina y con un sinnúmero de logros más, la EMPRESA FARMACÉUTICA 1 se convirtió en una de las 7 empresas más importantes del sector farmacéutico a nivel mundial.

Artritis, hipertensión, tratamientos de osteoporosis, tratamientos para el control de niveles de colesterol, asma, VIH, glaucoma y cáncer de pulmón son algunas de las enfermedades en las que los medicamentos de la EMPRESA FARMACÉUTICA 1 son de vital importancia para su manejo y erradicación en ciertos casos.

Algunos de sus competidores más importantes dentro de la industria farmacéutica son los siguientes:

- Bayer AG
- Laboratorios Abbott
- Boehringer Ingelheim
- Pfizer Inc.
- Roche Holding Ltd.

Dentro de nuestro país EMPRESA FARMACÉUTICA 1 comenzó sus actividades comerciales en Guayaquil y después de un año, en 1974 trasladan sus operaciones a la ciudad de Quito, en donde se erradicaría. A lo largo de todos estos años la EMPRESA FARMACÉUTICA 1 se ha caracterizado por su compromiso con Ecuador y con los pacientes que utilizan sus medicinas. Esto la ha llevado a ser una empresa líder a nivel nacional.

La organización tiene varias áreas tales como finanzas, regulatorio, marketing, comercial, investigación y desarrollo, asuntos médicos, pero el estudio se centrará en el área de logística.

1.2.1 Visión

“Ser un equipo de líderes competentes que definen pro activamente las oportunidades del negocio, en forma innovadora, alcanzando la posición No. 1 del mercado. Compartir el crecimiento profesional, los logros y dificultades en beneficio de familias y clientes.” (Empresa Farmaceutica 1, 2015)

1.2.2 Misión

“Nunca olvidemos que los medicamentos son para las personas y no para obtener réditos económicos. Las ganancias vendrán por si solas siempre que lo mantengamos presente, y mientras más lo recordemos, mayores serán los beneficios.” (Empresa Farmaceutica 1, 2015)

1.3 Empresa Farmacéutica 2

La EMPRESA FARMACÉUTICA 2 como se denominará de ahora en adelante se establece al igual que EMPRESA FARMACÉUTICA 1 en los Estados Unidos en el año de 1851. En 1928 se establece en la ciudad de Nueva York. Para la década de los 90 la EMPRESA FARMACÉUTICA 2 contaba con 4 áreas terapéuticas, desarrollando novedosos sistemas de investigación y realizando adquisiciones estratégicas, hasta llegar a ser la referencia terapéutica, en áreas como antihistamínicos, cortico esteroides, antibióticos, anti infecciosos y antivirales.

En el año 2003, la EMPRESA FARMACÉUTICA 2 comienza un proceso de cambio pasando de ser un conjunto de compañías descentralizadas para convertirse en una organización global. A partir de este año hasta el 2008 atravesó varios procesos de fusión con distintas empresas lo cual ayudo a diversificar y expandir su negocio a nivel mundial.

Con una amplia gama de medicamentos anticancerígenos, dermatológicos, antialérgicos la EMPRESA FARMACÉUTICA 2 fue constituida en el Ecuador en el año de 1974. Su propósito en el país era el de comercializar productos importados, así como también de la manufactura de los mismos por medio de un tercero (FARMACID S.A.).

1.3.1 Visión

“Ganar confianza cada día.”

“Aspiramos ganar la confianza de los médicos, pacientes, clientes y otros grupos de interés como líderes para ellos y como una empresa que les proporciona un flujo constante de medicamentos y servicios fundamentados en ciencia”

“Al ganar confianza, forjaremos el crecimiento. Nuestra visión da el contexto y significado a nuestro trabajo. Nos da dirección. Es el espíritu colectivo que construimos juntos como equipo.” (Empresa Farmaceutica 2, 2009)

1.3.2 Misión

“Alcanzar una posición de liderazgo en materia de innovación, calidad y servicios entre nuestros grupos de interés relacionados con la salud humana y la salud animal, y ser la empresa de nuestro ramo con el mejor “trato al cliente”, a juicio de nuestros propios grupos de interés.

La empresa más eficaz en nuestra industria en el manejo del flujo de productos.

La empresa con mejor gerencia, según la definición de la excelencia funcional e interdisciplinaria – con una alineación especial en torno a las metas comunes, valores comunes y la voluntad común de ganar.

La empresa que se destaca por mejorar continuamente y convertirse en la más confiable de nuestra industria para nuestros grupos clave de interés.

Conocida por nuestro liderazgo, logrado mediante nuestra pasión por la excelencia.” (Empresa Farmaceutica 2, 2009)

1.4 Empresa Farmacéutica 3

En el año 2009, la EMPRESA FARMACÉUTICA 1 y la EMPRESA FARMACÉUTICA 2 se fusionan para crear un líder global cuya única meta es el de mejorar el bienestar de sus pacientes.

1.4.1 Visión

“Nuestra visión es hacer la diferencia en la vida de las personas a nivel mundial a través de nuestros medicamentos innovadores, vacunas, terapias biológicas, productos de consumo y de salud animal. Aspiramos a ser la mejor compañía de cuidado de la salud en el mundo y estamos dedicados a proporcionar innovaciones líderes y soluciones para el mañana.” (Empresa Farmaceutica 3, 2017).

1.4.2 Misión

“Nuestra misión se centra en ofrecer productos y servicios innovadores y diferenciados que salven y mejoren vidas, y que satisfagan las necesidades de nuestros clientes para ser reconocidos como una gran empresa para trabajar y proporcionar a los inversionistas una tasa de rendimientos superior.” (Empresa Farmaceutica 3, 2017).

Ambas empresas tuvieron sus cimientos basados en la investigación, en el desarrollo de nuevos medicamentos y en general en el avance del conocimiento científico.

Con más de un centenar de productos la EMPRESA FARMACÉUTICA 3 ha venido desarrollando sus actividades comerciales en el país, aportando al bienestar de los ecuatorianos con sus medicamentos de primera calidad.

En la actualidad consta de 4 unidades de negocio:

- Unidad A
- Unidad B
- Unidad C
- Unidad D

Cada una de estas unidades controla ciertas gamas de productos dirigidos a diferentes tipos de enfermedades.

Debido a que la industria farmacéutica es una de las más fuertes a nivel mundial, con un mercado global extremadamente grande al que se debe atender con productos de gran calidad para poder sobresalir ante la competencia y con el propósito de mejorar la calidad de vida de los consumidores logrando así satisfacer su demanda. Es también una de las industrias más importantes en nuestro país y debido a ciertas regulaciones y reglamentos tales como el “Decreto No. 400 – REGLAMENTO PARA LA FIJACIÓN DE PRECIOS DE MEDICAMENTOS DE USO Y CONSUMO HUMANO” que tiene como objetivo establecer y regular los procedimientos para la fijación, revisión y control de precios de

la venta al consumidor final de medicamentos de uso y consumo humano que se comercialicen dentro de nuestro país. En donde los precios techo de cada producto serán equivalentes a la mediana de los precios de venta al público. Las empresas farmacéuticas que desarrollan su actividad económica en el país han decidido tomar estrategias tales como disminuir el volumen de inventarios y establecer políticas de venta que se adapten a los reglamentos y regulaciones mencionados.

La EMPRESA FARMACÉUTICA 3 en la que se basa el presente estudio se dedica principalmente a la comercialización de fármacos a nivel nacional. Esta actividad la ha venido desarrollando desde hace varios años siendo el departamento de logística el encargado de monitorear los productos desde el momento del embarque en el medio de transporte sea este marítimo o aéreo desde la ciudad de origen, durante su transporte y llegada de los mismos al país, también se encarga de garantizar la nacionalización de los productos para su posterior entrega en la bodega en donde se almacena y distribuye a nivel nacional.

Por este motivo se desea trabajar para mejorar el control y el monitoreo de el volumen de inventario y ventas tanto en unidades como en dinero. El análisis del comportamiento de estos factores puede ser determinante a la hora de la toma de decisiones para la organización.

2 MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se muestra el origen de la estadística y la calidad puesto que son pilares básicos para el estudio. Así como también se introduce el concepto de Control Estadístico de Procesos y diagramas de control junto con sus objetivos y variaciones. Se presenta además el concepto de series de tiempo, tipos, variaciones y la metodología seleccionada para desarrollar el estudio en los capítulos más adelante.

2.1 Estadística

“El vocablo statistik proviene de la palabra italiana statista (que significa “estadista”). Fue utilizada por primera vez por Gottfried Achenwall (1719-1772), un profesor de Marlborough y de Gottingen.

El Dr. E. A. W. Zimmerman introdujo el termino statistics (estadística) a Inglaterra. Su uso fue popularizado por sir John Sinclair en su obra Statistical Accaount of Scotland 1791-1799. Sin embargo mucho antes del siglo XVIII, la gente ya utilizaba y registraba datos.” (Levin & Rubin, 2005, pág. 3).

Para el autor (Levin & Rubin, 2005, pág. 4) en la actualidad los administradores aplican varias técnicas estadísticas a varias ramas de empresas públicas y privadas de todo ámbito. Las técnicas aplicadas son tan numerosas que los entendidos en estadística las dividen en dos categorías, las cuales son: estadística descriptiva y estadística inferencial.” (Levin & Rubin, 2005, pág. 4).

La estadística permite a los administradores o gerentes y a todos aquellos individuos que toman decisiones a comprender de mejor manera el entorno en donde se desarrollan sus negocios y por ende tomar decisiones más acertadas y mejor fundamentadas.

2.2 Calidad

“Las cosas de buena calidad son aquellas que funcionan de la manera en que se espera. Como lo expreso el experto en calidad Joseph M. Juran, Calidad implica ser adecuado para usarse. En este sentido, calidad significa cumplir con los requerimientos. Observe que esto no es lo mismo que cumplir con las especificaciones.” (Levin & Rubin, 2005, pág. 405).

Para el autor (Evans & Lindsay, 2008), el aseguramiento de la calidad se refiere a todo tipo de actividad trazada y ordenada con el fin de proveer a los clientes finales bienes y servicios de calidad óptima, junto con la confianza de que los productos lleguen a cumplir los requerimientos de los mismos.

2.2.1 Historia de la calidad

“A principios de la década de 1900 el trabajo de Frederick W. Taylor, llamado con frecuencia el “padre de la administración científica”, dio lugar a una nueva filosofía de producción. La filosofía de Taylor era separar la función de planificación de la función de ejecución. A administradores e ingenieros se les dio la tarea de planificar; los supervisores y obreros se encargaron de la ejecución. Este método funcionó bien a comienzos del siglo, cuando los trabajadores carecían de la educación necesaria para realizar la planificación. Al dividir un trabajo en tareas específicas y centrar la atención en incrementar la eficiencia, el aseguramiento de la calidad quedó en manos de los supervisores. Los fabricantes pudieron enviar al mercado productos de buena calidad, pero a costos muy altos. Los defectos estaban presentes, pero la supervisión los eliminó. Las plantas dieron empleo a cientos, incluso a miles de supervisores. Así la supervisión era el medio principal de control de la calidad durante la primera mitad del siglo XX.

Con el tiempo, las organizaciones de producción crearon departamentos de calidad separados. Esta separación artificial de los trabajadores de producción de la responsabilidad para el aseguramiento de la calidad originó indiferencia hacia la calidad entre trabajadores y sus gerentes. Convencidos de que la calidad era

responsabilidad del departamento de calidad, muchos directivos volvieron su atención a la calidad y eficiencia de la producción. Como habían delegado a otras personas gran parte de la responsabilidad para la calidad, los directivos adquieren pocos conocimientos acerca de ella y, cuando inició la crisis de la calidad, no estaban preparados para enfrentarla.” (Evans & Lindsay, 2008, págs. 5-6).

“Después de la guerra, durante finales de la década de 1940 y principios de la década de 1950, la escasez de bienes de consumo en Estados Unidos hizo que la producción se convirtiera en una prioridad principal. En la mayoría de las empresas, la calidad continuó siendo competencia del especialista. La calidad no era una prioridad de los directivos, que delegaban esta responsabilidad a los gerentes de calidad. La dirección mostraba poco interés en el mejoramiento de calidad o la prevención de defectos y errores y se dependía en cambio de la inspección en masa.

Durante esta época, dos asesores estadounidenses Joseph Juran y W. Edwards Deming, presentaron a los japoneses las técnicas de control estadístico de la calidad para ayudarlos en sus esfuerzos de reconstrucción.” (Evans & Lindsay, 2008, págs. 7-8).

“Aunque en un principio las iniciativas para la calidad se enfocaba en reducir defectos y errores en los productos y servicios mediante el uso de la medición, la estadística y otras herramientas para la resolución de problemas, las organizaciones empezaron a reconocer que no era posible lograr mejoras duraderas sin una atención significativa hacia la calidad de las prácticas administrativas cotidianas. Los administradores empezaron a entender que los métodos que usaban para escuchar a los clientes y establecer relaciones a largo plazo, crear estrategia, medir desempeño y analizar datos, premiar y capacitar a los empleados, diseñar ofrecer productos y servicios y actuar como líderes en sus organizaciones son los factores que realmente dan lugar a la calidad, la satisfacción del cliente y los resultados del negocio. De este modo el aseguramiento de la calidad dio paso a la administración de la calidad. Muchos empezaron a utilizar el término Big Q. conforme las organizaciones empezaron a integrar principios de calidad en sus sistemas administrativos, se

volvió popular la idea de una gestión o administración de la calidad total o TQM. Más que una disciplina técnica estrecha basada en la ingeniería o la producción, la calidad asumió un nuevo papel que permeó cada aspecto en el funcionamiento de una empresa.” (Evans & Lindsay, 2008, pág. 10).

Es trascendental comprender la importancia de la calidad en el entorno empresarial puesto que permite otorgar diferenciación en los productos que se comercializan, además que alineado a diferentes herramientas como la estadística y la medición permite tener un control adecuado de los procesos de fabricación y distribución otorgando valor agregado a los clientes.

2.3 Control estadístico de procesos

2.3.1 Concepto

“El control estadístico de procesos (SPC, por sus siglas en inglés), es una metodología para el seguimiento de un proceso para identificar las causas de la variación y señalar la necesidad de emprender una acción correctiva en el momento apropiado. Cuando están presentes causas especiales, el proceso está destinado a quedar fuera de control. Si la variación en un proceso se debe sólo a causas comunes, se dice que está en control estadístico.

Una definición práctica del control estadístico es que tanto los promedios del proceso como las varianzas son constantes a través del tiempo.” (Evans & Lindsay, 2008, pág. 712).

“La clave al administrar para la calidad es creer que la variabilidad excesiva se puede evitar. Cuando se encuentra que la salida de algún proceso no es confiable, no siempre cumple con los requerimientos, debemos examinar con cuidado el proceso y ver cómo se puede controlar.” (Levin & Rubin, 2005, pág. 406)

2.3.2 Objetivos

Los objetivos principales del control estadístico de procesos son los siguientes:

- Minimizar la producción defectuosa.
- Mantener una actitud de mejora continua del proceso.
- Comparar la producción respecto a las especificaciones.
- Comprobar la capacidad la variabilidad del proceso. (Prat Bartés, 2008, pág. 244)

2.3.3 Tipos de variaciones

Variación aleatoria (en ocasiones llamada variación común o inherente).

“La variación por causas habituales del azar es aquella que permanece día tras día de manera cotidiana. Esta variación es innata a las cualidades reales de los procesos y deviene de una combinación de diferentes causas que no son fáciles de identificar y menos aún de suprimirlas, puesto que forman parte del proceso, sin embargo, a largo del tiempo se presentan oportunidades de mejora.” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, pág. 184).

Variación sistemática (a veces llamada variación asignable o de causa especial).

“La variación por causas asignables es producto de situaciones específicas que no necesariamente pertenecen al proceso. Muestra de ello, es la falencia que puede ocurrir por el erróneo funcionamiento de una parte de la máquina, el uso de materiales no cotidianos o la negligencia del trabajador. Las causas asignables, son por naturaleza discretas y normalmente pueden ser detectadas y suprimidas si se cuenta con la sapiencias necesaria para lograrlo.” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, pág. 184).

“Estos dos tipos de variación requieren respuestas administrativas distintas. Aunque uno de los objetivos de la administración de la calidad es la mejora constante mediante la reducción de variación inherente, en general, esto no puede

lograrse sin cambiar el proceso. Y no se debe cambiar el proceso hasta estar seguro de que toda la variación asignable ha sido identificada y está bajo control. De manera que la idea es: si el proceso está fuera de control, debido a que todavía está presente alguna variación de causa especial, identifique y corrija la causa de dicha variación. Solo cuando el proceso esté bajo control, puede mejorarse la calidad rediseñando el proceso para reducir variabilidad inherente.” (Levin & Rubin, 2005, pág. 407).

“Los procesos siempre están sujetos a una variación, ya que intervienen algunos elementos tal y como se mencionan en las 6 M: materiales, maquinaria, medición, mano de obra (gente), métodos y medio ambiente. En condiciones habituales de trabajo, todas las M aportan cierta variación en el resultado del proceso, en forma natural o asignable y a su vez aportan variaciones específicas, debido a que las 6 M están sujetas a cambios constantes dependiendo del proceso tales como: desajustes, desgastes, errores, descuidos, fallas, etc.

En conclusión, existen dos tipos de variabilidad: la que se debe al azar y la que se puede asignar a un factor específico. Resulta fundamental distinguir de forma eficiente entre ambos tipos de variación, para así tomar las medidas adecuadas en cada caso.” (Gutiérrez & De La Vara, 2009, pág. 184).

Para llegar a la efectividad a través de la optimización de recursos y el cumplimiento de objetivos, en los procesos, es clave saber distinguir entre los dos tipos de variaciones que se mencionaron previamente puesto que se puede tomar acciones correctivas identificándolas plenamente y teniendo el control respectivo sobre las sistemáticas o la toma de acciones para reducir su impacto en las variaciones aleatorias ya que dependen de factores exógenos al entorno empresarial.

2.4 Diagramas de control

2.4.1 Introducción

“La esencia del control estadístico de procesos consiste en identificar un parámetro que se a fácil de medir y cuyo valor sea importante para la calidad del resultado del proceso.” (Levin & Rubin, 2005)

“Las cartas de control se especializan en estudiar la variabilidad a través del tiempo. Son clave para mejorar los procesos de una organización, mediante de tres actividades fundamentales:

- a) Estabilizar los procesos a través de la observación, reconocimiento y supresión de causas asignables.
- b) Mejorar el proceso a través de la reducción de las variaciones causadas por azar.
- c) Controlar el proceso y asegurar que las mejoras se mantengan para identificar nuevas opciones para optimizar el proceso.” (Gutiérrez & De La Vara, 2009).

2.4.2 Tipos de diagramas de control

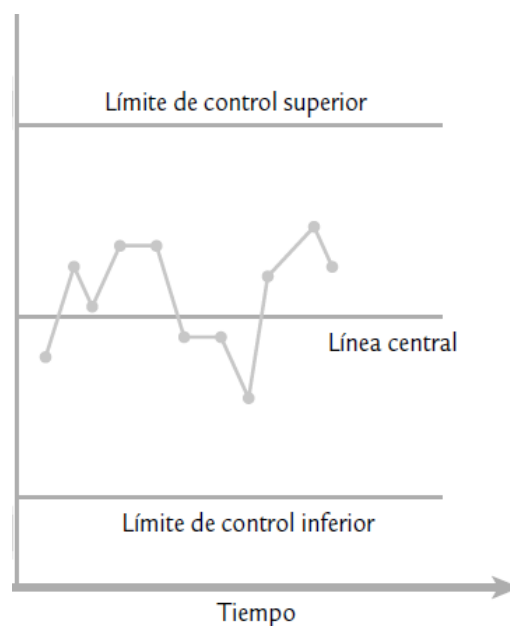


Figura 2: Muestra de diagrama de control

Fuente: (Levin & Rubin, 2005)

La figura presentada es un ejemplo común en donde se puede apreciar el comportamiento de un grupo de datos y la línea de tendencia que estos grafican, así como también los límites de control, inferior y superior. Los mismos que marcan el inicio y final del rango de variación de los datos, pero esto no quiere decir que siempre los datos van a estar dentro de dichos límites debido a un evento fuera de lo común en el proceso. Si todos los datos se encuentran dentro de los límites se podría decir que el proceso está controlado.

Existen dos tipos generales de gráficas de control:

Para Variables:

Estas se emplean a propiedades de calidad de tipo continuo, que son aquellas que requieren un instrumento de medición (volumen, longitud, voltaje, peso, humedad, temperatura, resistencia, entre otros. Las cartas más usadas para variables son las siguientes:

- Gráfica \bar{X} media: Gráficas de control para medias de procesos.
- Gráfica R: Gráficas de control para variabilidad de procesos.
- Gráfica S: (de desviaciones estándar).
- Gráfica X: (de medidas individuales).

Gráfica de control \bar{X} - R

Estos se emplean en procesos masivos, en donde en forma continua se consigue un subgrupo de productos en donde se mide y se calcula la media así como también el rango R para registrarlos en la gráfica correspondiente (Gutiérrez & De La Vara, 2009).

Gráfica de control \bar{X} - S

Diagrama para variables que se aplican a procesos masivos, en los que se quiere tener una mayor potencia para detectar pequeños cambios. Por lo general, el tamaño de los subgrupos es $n > 10$ (Gutiérrez & De La Vara, 2009).

Para atributos:

Por medio de las cartas de control se analiza una o varias cualidades de un producto o proceso.

Existen cualidades de calidad de un producto que se atribuyen a medidas o especificaciones físicas dentro de una escala numérica.

Para estos casos, el producto se juzga de acuerdo a una especificación de cumple o no cumple, dependiendo de si posee ciertas características, defectos, etc. Este tipo de atributos de calidad son vigilados a través de las gráficas de control para atributos:

- Gráfica P: (proporción o fracción de artículos defectuosos).
- Gráfica NP: (número de unidades defectuosas).
- Gráfica C: (número de defectos).
- Gráfica U: (número de defectos por unidad) (Gutiérrez & De La Vara, 2009).

Gráfica P

Muestra las variaciones en la fracción de artículos defectuosos por muestra o subgrupo; es ampliamente utilizada para evaluar el desempeño de procesos. (Gutiérrez & De La Vara, 2009)

Gráfica NP

Diagrama que analiza el número de defectuosos por subgrupo; se aplica cuando el tamaño de subgrupo es constante. (Gutiérrez & De La Vara, 2009)

Gráfica C

Su objetivo es analizar la variabilidad del número de defectos por subgrupo o unidad con un tamaño de subgrupo constante. (Gutiérrez & De La Vara, 2009)

Gráfica U

Analiza la variación del número promedio de defectos por artículo o unidad de referencia. Se usa cuando el tamaño del subgrupo no es constante. (Gutiérrez & De La Vara, 2009) Debido a los datos que se van a utilizar en el presente las cartas de control que vamos a utilizar es la de datos individuales puesto que la periodicidad es mensual y la gráfica de rangos móviles que sirve para detectar cambios en la dispersión del proceso y que generalmente acompaña a la carta anterior.

Gráfica de control para datos Individuales

Es un diagrama para variables de tipo continuo que se aplica a procesos lentos y/o donde hay un espacio largo de tiempo entre una medición y la siguiente. (Gutiérrez & De La Vara, 2009)

Dónde:

MR: es la diferencia absoluta entre el segundo valor (Febrero) y el primero (Enero).

\bar{X} : Es el promedio de las ventas mensuales.

Promedio MR: es el promedio de los rangos móviles (MR).

Tabla 1: Cuadro resumen - Unidad A

AÑO	MES	venta	MR (rangos móviles)	xmedia	promedio mr
2012	ENERO	43.970		293.063	83.156
	FEBRERO	54.501	10.531	293.063	83.156
	MARZO	51.564	2.937	293.063	83.156
	ABRIL	330.794	279.230	293.063	83.156
	MAYO	317.714	13.080	293.063	83.156
	JUNIO	360.235	42.521	293.063	83.156
	JULIO	255.971	104.264	293.063	83.156
	AGOSTO	334.271	78.300	293.063	83.156
	SEPTIEMBRE	276.419	57.852	293.063	83.156

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Reporte de ventas - diciembre 2016)

La tabla contiene los datos de ventas mensuales en unidades de la Unidad A.

Para la gráfica de Datos Individuales los datos se agruparon de la siguiente manera:

Dónde:

El límite superior e inferior:

$$\bar{X} \pm 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

\bar{X} = Media

\overline{MR} = Promedio del alcance móvil.

D2= Constante encontrado en la tabla.

Donde los valores de D2 para n=2 se encuentran en la tabla detallada a continuación:
(Para visualizar tabla completa, revisar el anexo N°)

Tabla 2: Muestra - Factores para la construcción de gráficos de control

n	A2	D2	D3	D4
2	1,88	1,128	0	3,627
3	1,023	1,693	0	2,575
4	0,729	2,059	0	2,282
5	0,577	2,326	0	2,115
6	0,483	2,534	0	2,004

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Reporte de ventas - diciembre 2016)

Para este caso se utilizó N = 2 para tener un nivel más estricto y exacto de cálculo de los datos para el estudio.

Tabla 3: Muestra tabla – Datos individuales

DATOS INDIVIDUALES						
AÑO	MES	VENTAS	L. SUP	L. INF.	X MEDIA	FORECAST
2012	ENERO	43.970	514.223	71.904	293.063	117.660
	FEBRERO	54.501	514.223	71.904	293.063	117.660
	MARZO	51.564	514.223	71.904	293.063	119.140
	ABRIL	330.794	514.223	71.904	293.063	416.270
	MAYO	317.714	514.223	71.904	293.063	444.970
	JUNIO	360.235	514.223	71.904	293.063	429.220
	JULIO	255.971	514.223	71.904	293.063	421.970
	AGOSTO	334.271	514.223	71.904	293.063	386.890

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Reporte de ventas - diciembre 2016)

En el caso en que el límite inferior sea menor a 0 se tomara “0” en su lugar.

Gráfica de Rangos Móviles

Carta que acompaña a la carta de individuales, y en ella se grafica el rango móvil de orden 2. Es de utilidad para detectar cambios en la dispersión del proceso. (Gutiérrez & De La Vara, 2009)

Para la gráfica de Rangos Móviles los datos se agruparon de la siguiente manera:

Dónde:

MR: es la diferencia absoluta entre el segundo (Febrero) y valor y el primero (Enero).

Límite Superior: Es la multiplicación del promedio de MR y D4 (tomado de la tabla N°.)

Límite Inferior: Es la multiplicación del promedio de MR y D3.

(Tomado de la Tabla 3)

Tabla 4: Índices para la construcción de gráficas de control

D3	0
D4	3,267
LCS Rango	271670,8181
LCI Rango	0
d2	1,128

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Reporte de ventas - diciembre 2016)

Tabla 5: Muestra – Rangos móviles

RANGOS MOVILES (MR)					
AÑO	MES	MR	L. SUP	L. INF.	PROM MR
2012	ENERO	-	271.671	-	83.156
	FEBRERO	10.531	271.671	-	83.156
	MARZO	2.937	271.671	-	83.156
	ABRIL	279.230	271.671	-	83.156
	MAYO	13.080	271.671	-	83.156
	JUNIO	42.521	271.671	-	83.156
	JULIO	104.264	271.671	-	83.156
	AGOSTO	78.300	271.671	-	83.156
	SEPTIEMBRE	57.852	271.671	-	83.156

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Reporte de ventas - diciembre 2016)

2.4.3 Tipos de patrones

2.4.3.1 Observaciones externas individuales

(b) Proceso fuera de control: hay observaciones fuera de los límites

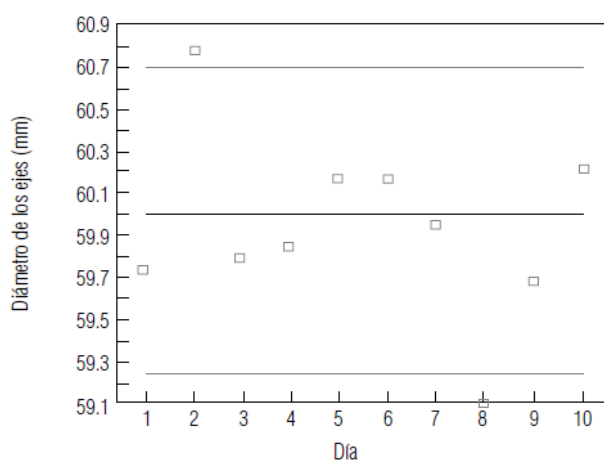


Figura 3: Observaciones externas individuales

Fuente: (Levin & Rubin, 2005)

2.4.3.2 Tendencias crecientes o decrecientes

Indican que la media del proceso puede estar cambiando de manera positiva o negativa de acuerdo a la tendencia de los datos.

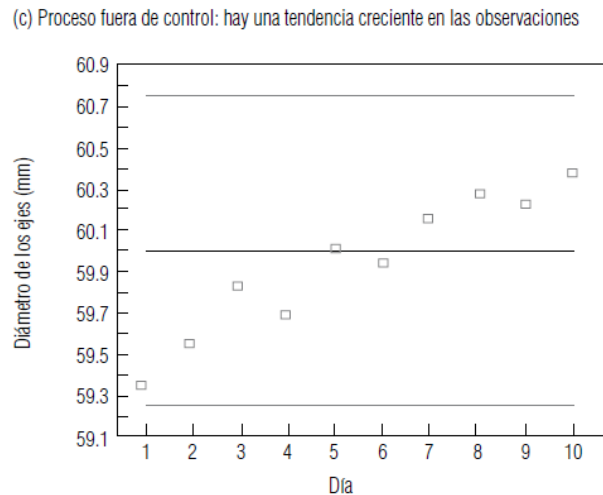


Figura 4: Tendencias crecientes o decrecientes

Fuente: (Levin & Rubin, 2005)

2.4.3.3 Saltos en el nivel alrededor del cual varían las observaciones

Debido a la dispersión de los datos, se puede observar que la media del proceso puede haber cambiado de manera significativa mostrando resultados alejados de la realidad.

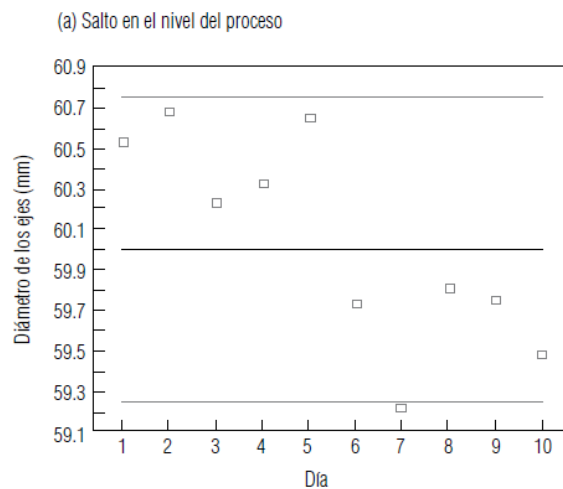


Figura 5: Saltos en el nivel alrededor del cual varían las observaciones

Fuente: (Levin & Rubin, 2005)

2.4.3.4 Ciclos

Altibajos que se repiten arriba y debajo de la línea central; pueden indicar factores como fatiga del operador y cambios de operador entre turnos.

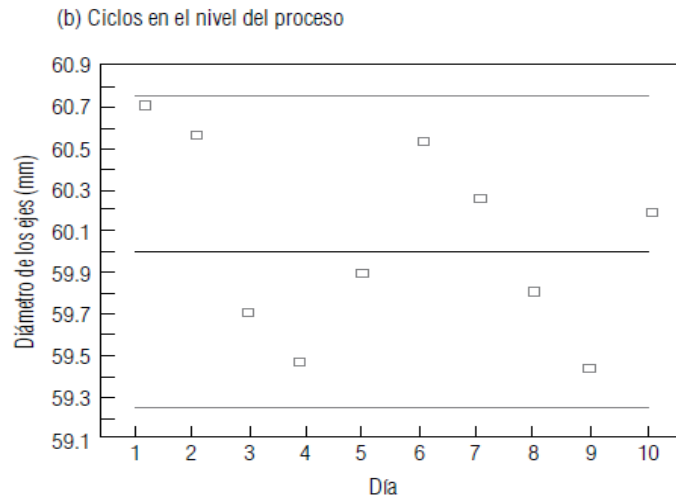


Figura 6: Ciclos

Fuente: (Levin & Rubin, 2005)

2.4.3.5 Atracción hacia los límites de control

Grandes desviaciones uniformes respecto a la media; pueden indicar que se están observando dos poblaciones distintas.

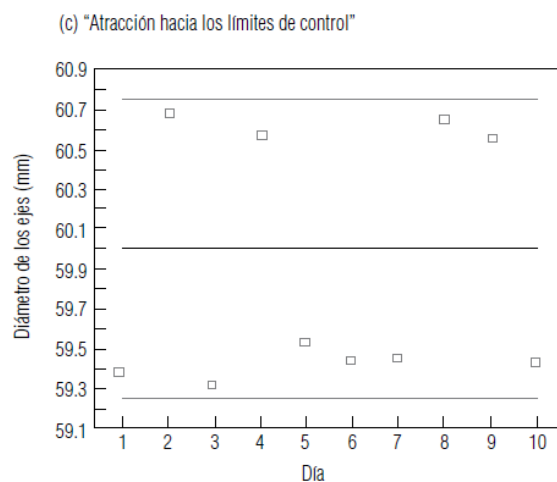


Figura 7: Atracción hacia los límites de control

Fuente: (Levin & Rubin, 2005)

2.4.3.6 Atracción hacia a línea control

Pequeñas desviaciones uniformes con respecto a la media indican que la variabilidad se ha reducido respecto a sus niveles históricos; esto en general es deseable. Si se puede mantener la tendencia, los límites de control deberán reducirse para asegurar que la mejora en la calidad continúa.

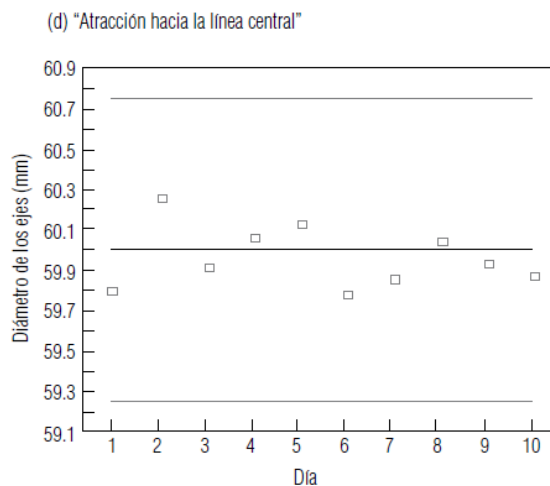


Figura 8: Atracción hacia a línea control

Fuente: (Levin & Rubin, 2005)

Posterior a la elaboración de los gráficos de control para su debida interpretación es vital el saber identificar y relacionar a los ejemplos mencionados anteriormente ya que esto facilitara a en la comprensión y lectura de las cartas de control del estudio.

2.5 Índices de capacidad para procesos

Para (Gutiérrez & De La Vara, 2009) la capacidad de un procesos consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada, ya que esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones).

2.5.1 Procesos con una sola especificación

De acuerdo a (Gutiérrez & De La Vara, 2009), existen procesos cuyas variables de salida tienen únicamente una sola especificación, ya sea que se trate de variables del tipo entre más grande mejor, donde lo que interesa es que sean mayores a cierto valor mínimo (EI); o de variables del tipo entre más pequeña mejor, donde lo que se quiere es que nunca excedan cierto valor máximo (ES).

Para el cálculo de los índices de capacidad tenemos las siguientes formulas:

Índice de capacidad para una especificación inferior:

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$$

$$\hat{C}_{pi} = \frac{\bar{X} - EI}{3S}$$

Índice de capacidad para una especificación superior:

$$C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

$$\hat{C}_{ps} = \frac{ES - \bar{X}}{3S}$$

En donde:

μ : Media de la población

EI: Especificación Inferior

ES: Especificación Superior

S: Desviación estándar de la muestra

σ : Desviación estándar de la población.

\bar{X} : Media muestral.

En el caso de estudio la información para la obtención de índices de capacidad es tomada del forecast, el cual es un pronóstico basado en análisis del mercado complementado por experticia de los involucrados. Luego del cálculo de los índices basados en este pronóstico se puede medir el cumplimiento en comparación a la especificación, misma que es establecida por la organización.

2.6 Pronósticos y series de tiempo

2.6.1 Introducción

Para (Levin & Rubin, 2005) los pronósticos son una herramienta vital en todo tipo de proceso de toma de decisiones. Las aplicaciones del mismo son infinitas. La asertividad del pronóstico va de la mano con la información que puede obtenerse y usarse a partir de los datos históricos.

Los pronósticos de series de tiempo se encuentran entre los más utilizados por los paquetes de pronóstico vinculados con la proyección de demanda de productos. Todos ellos parten, básicamente, de un supuesto común: que la demanda pasada sigue cierto tipo de patrón, y que si este patrón puede ser analizado podrá usarse para desarrollar proyecciones para la demanda futura, suponiendo que el patrón continúa aproximadamente de la misma forma (Chapman, 2006).

El tiempo es la única variable real independiente en el pronóstico de series de tiempo puesto que se basa de información tales como las ventas, según (Chapman, 2006).

2.6.2 Tipos de series de tiempo

2.6.2.1 Serie no estacionaria

Es aquella que cuyas características de media, varianza y covarianza cambian a través del tiempo lo que dificulta su modelamiento. Sin embargo, en muchas ocasiones, si dicha series diferenciada una o más veces la serie resultante será estacionaria. (Rios, 2008)

2.6.2.2 Serie estacionaria

Es aquella cuya media y varianza no cambia a través del tiempo y cuya covarianza solo es función del rezago. Gracias a estas características podremos modelar el proceso a través de una ecuación con coeficientes fijos estimados a partir de los datos pasados. (Rios, 2008)

Media: $X(Y_t) = X(Y_{t+m})$ para todo $t; m$

Varianza: $Z(Y_t) = Z(Y_{t+m})$ para todo $t; m$

2.6.3 Variaciones o componentes

Utilizamos el término series de tiempo para referirnos a cualquier grupo de información estadística que se acumula a intervalos regulares. Existen 4 tipos de variaciones o componentes implicados en el análisis de series de tiempo:

2.6.3.1 Tendencia secular

Esto implica que el valor de la variable tiende a disminuir o a aumentar en un periodo determinado de tiempo largo.

La tendencia nos permite describir a una variable mediante sus datos históricos, por ejemplo la efectividad de una política de ventas (descuentos) en una empresa. Al basarnos valores pasados podemos proyectar posibles tendencias a futuro.

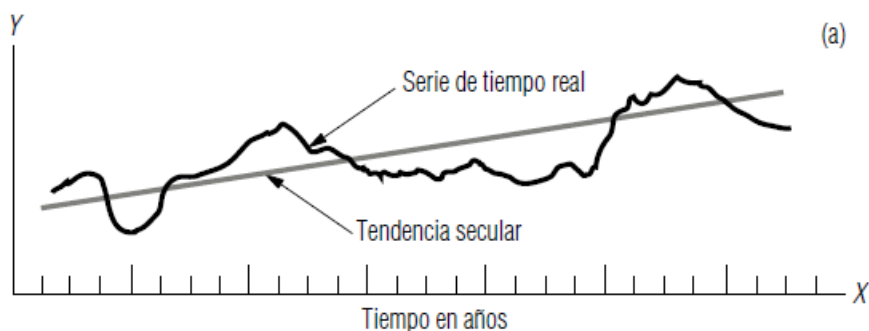


Figura 9: Tendencia secular

Fuente: (Levin & Rubin, 2005)

2.6.3.2 Fluctuación cíclica

El valor de la variable fluctúa de manera positiva (por arriba de la línea de tendencia) o de manera negativa (por debajo de la línea de tendencia) a través del tiempo llegando a un pico. Los movimientos cíclicos no siguen ningún patrón regular, sino que se mueven de manera impredecible.

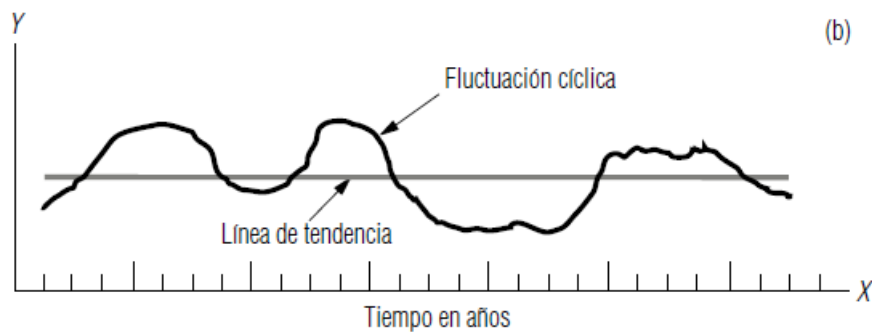


Figura 10: Fluctuación cíclica

Fuente: (Levin & Rubin, 2005)

2.6.3.3 Variación estacional

Este tipo de variación implica que existe uno o más sucesos a lo largo del tiempo y que tienden a repetirse e influyen en el comportamiento de los datos por ejemplo: Navidad, la entrada a clases, etc.

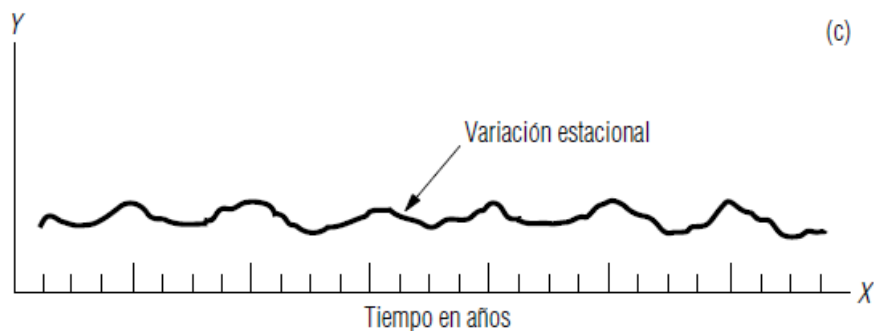


Figura 11: Variación estacional

Fuente: (Levin & Rubin, 2005)

2.6.3.4 Variación irregular o aleatoria

En muchas ocasiones el comportamiento de una variable puede ser aleatorio e impredecible, la variación irregular de los datos es la que representa dicho comportamiento.

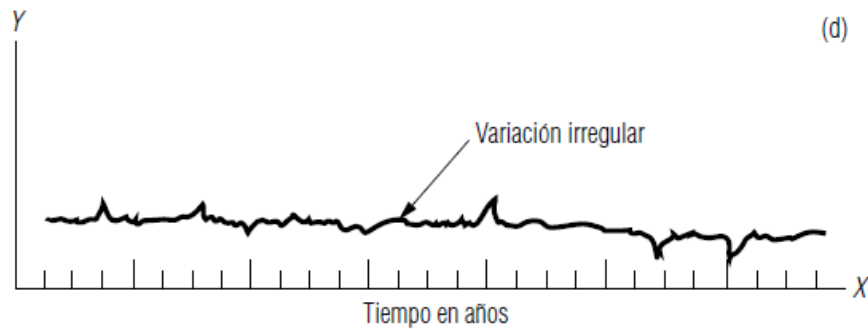


Figura 12: Variación irregular o aleatoria

Fuente: (Levin & Rubin, 2005)

En el estudio de una serie de tiempo podemos decir que los cuatro tipos de variación están presentes.

2.6.4 Pronósticos dentro y fuera de la muestra

Para (Rios, 2008) al hablar de pronósticos, se distinguen entre proyecciones dentro y fuera de la muestra. En las primeras, las proyecciones realizadas se refieren a los mismos datos que se emplearon para la construcción del modelo, mientras que las segundas proyecciones se refieren a los datos ajenos a dicha muestra. Para el pronóstico a futuro de una variable solamente son relevantes las proyecciones fuera de la muestra debido a que muestran el funcionamiento real y su efectividad en la práctica.

2.6.4.1 Pronósticos estáticos y dinámicos

Los procesos estáticos son aquellos basados en la última información efectiva disponible, por lo que están limitados a las proyecciones a un periodo hacia adelante. Los pronósticos dinámicos son caracterizados por utilizar el último pronóstico disponible como dato para

el siguiente, permitiendo la realización de proyecciones a dos o más periodos hacia adelante (Rios, 2008).

2.6.5 Metodología de box- jenkins

La metodología que vamos a utilizar para el modelo de nuestra serie de tiempo es la de Box Jenkins ya que puede manejar series estacionarias o no estacionarias.

Los pasos a seguir en esta metodología son:

- Verificar la estacionariedad de la serie. Si la serie no es estacionaria debemos diferenciarla hasta alcanzar estacionariedad.
- Identificar un modelo tentativo.
- Estimar el modelo.
- Verificar el diagnostico (si este no es adecuado, debemos regresar al paso 2).
- Aplicar el modelo para obtener el pronóstico.

2.6.6 Modelo arma y arima

Por sus siglas en ingles ARIMA significa AUTOREGRESSIVE INTEGRATE MOVING AVERAGE es un modelo que tiene en cuenta la dependencia existente entre los datos en donde cada observación es modelada en algún momento dado en función de valores históricos.

Características:

- Tiene solamente en cuenta la pauta de la serie de tiempo en el pasado.
- Ignora la información de variables causales.

- Procedimiento técnicamente sofisticado de predicción de una variable.
- Utiliza la observación más reciente como valor inicial.
- Permite examinar el modelo más adecuado.
- Analiza errores recientes de pronósticos para seleccionar el ajuste apropiado para periodos futuros.
- Extrae mucha información de la serie de tiempo, más que cualquier otro método.

2.6.6.1 Modelo de Media Móvil, MA (q)

En los modelos de media móvil, el proceso se representa como una suma ponderada de errores actuales y anteriores. El número de rezagos del error considerados (q) determina el orden del modelo.

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

2.6.6.2 Modelos Auto Regresivos, AR (p)

En los modelos auto regresivos, el proceso se representa como una suma ponderada de observaciones pasadas de la variable. El número de rezagos (p) determina el origen del modelo.

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

2.6.6.3 Modelos Mixtos Auto Regresivos – Media Móvil, Arma (p, q)

En estos modelos, el proceso se representa en función de observaciones pasadas de la variable y de los valores actuales y rezagados del error. El número de rezagos de la variable de interés (p) y el número de rezagos del error (q) determinan el modelo mixto.

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

2.6.7 Medición del error de pronóstico

Para (Hanke, 2010) las técnicas cuantitativas de elaboración de pronósticos a menudo incluyen datos de series de tiempo, se desarrolló una notación matemática para referirse a cada periodo específico. La letra Y se usa para representar una variable de serie de tiempo, a menos que haya más de una variable. El periodo asociado con una observación se identifica como un subíndice. De modo que Y_t se refiere al valor de la serie de tiempo en el periodo t. También debe desarrollarse notación matemática para distinguir entre un valor real de la serie de tiempo y el valor del pronóstico. Un símbolo ^ (sombrero) se coloca arriba de un valor para indicar que se trata del pronóstico.

Dónde:

Y_t = valor de una serie de tiempo en el periodo t
 \hat{Y}_t = valor pronosticado de Y_t
 $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ = residuo o error de pronóstico

Hay varios métodos cuya finalidad es resumir los errores generados por una técnica específica de pronósticos. La mayoría de estas medidas son el promedio de alguna función de la diferencia entre su valor real y su valor pronosticado. Estas diferencias se conocen como residuos.

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$$

Dónde:

E_t = error de pronóstico en el periodo t

Y_t = valor real en el periodo t

\hat{Y}_t = Valor del pronóstico en el periodo t

Un método para evaluar una técnica de pronósticos usa la suma de los errores absolutos. La desviación media absoluta MAD mide la exactitud del pronóstico, promediando las magnitudes de los errores del pronóstico (los valores absolutos de los errores). MAD está en las mismas unidades que la serie original, y proporciona un tamaño promedio de los errores sin importar la dirección.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|$$

El error cuadrático medio (MSE) es otro método para evaluar una técnica de elaboración de pronósticos. Cada error o residuo se eleva al cuadrado; luego estos se suman y se dividen entre los números de las observaciones.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2$$

La raíz cuadrada del MSE, o la raíz cuadrada del error cuadrado medio (RMSE), también se usa para evaluar los métodos de elaboración de pronóstico.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}$$

A veces es más útil calcular los errores del pronóstico en términos de porcentajes en vez de cantidades. El error porcentual absoluto medio (MAPE) se calcula obteniendo el error absoluto de cada periodo, dividiendo este entre el valor real observado en ese periodo y promediando estos errores porcentuales absolutos. El resultado final se multiplica después por 100 y se expresa como porcentaje.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{|Y_t|}$$

3 CASO DE ESTUDIO

3.1 Introducción

La EMPRESA FARMACÉUTICA 3 actualmente consta con una cartera con alrededor de 100 productos que son comercializados a nivel nacional al sector privado, principalmente a grandes cadenas de comercialización y público conformado en su gran mayoría por los principales hospitales y centros de salud distribuidos alrededor de todo el país. El 100% de productos son elaborados en el extranjero. La promoción y venta de estos productos están a cargo de 4 unidades de negocio A, B, C y D.

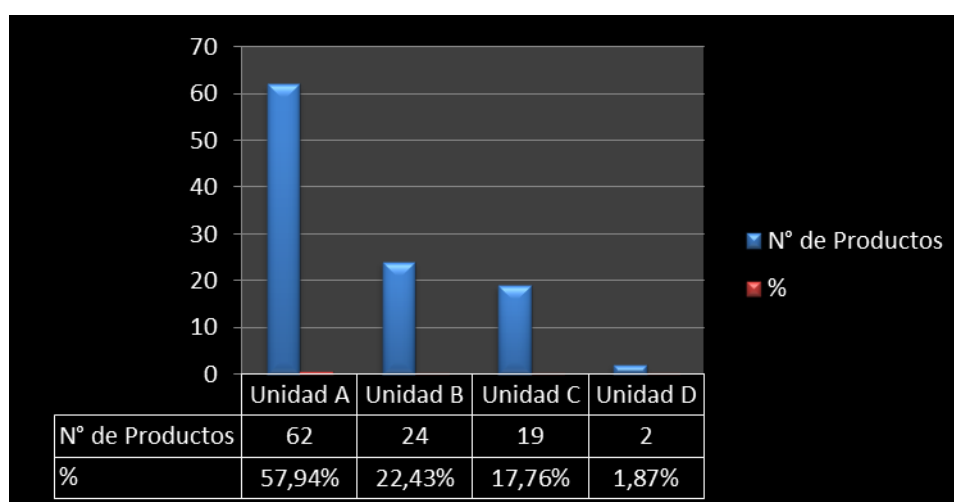


Figura 13: Productos por unidad de negocio

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Listado de productos)

Como se indica en el grafico la unidad A tiene a cargo el 58% de la cartera de productos esto debido a que gran parte de los mismos no requieren de prescripción médica, mientras que las demás unidades comparten el 42% restante debido a que son para la preparación, tratamiento y seguimiento de pacientes con enfermedades crónicas e inmunodeficientes las cuales son prescritas bajo un estricto criterio por parte del médico.

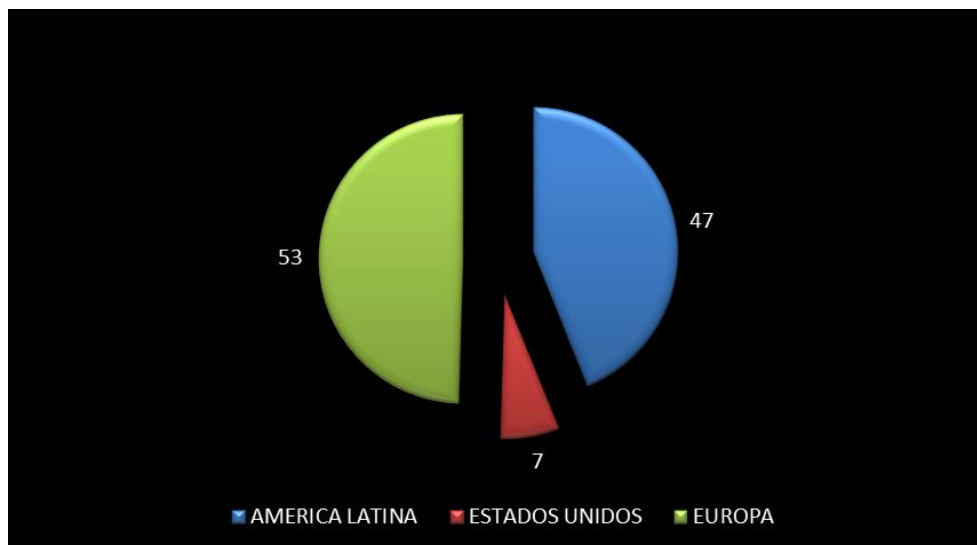


Figura 14: Origen del producto

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Listado de productos)

Debido a que los productos son manufacturados en el exterior el departamento de logística en trabajo conjunto con el departamento comercial y los dirigentes de las 4 unidades de negocio elaboran anualmente un plan de suplido de todos los productos de la compañía. Los manufacturadores de medicamentos a nivel mundial se basan en las expectativas de ventas (Forecast) de todos los países y tomando en cuenta el volumen mínimo de pedido (MOQ) de cada uno, realizan su plan de producción anual que está sujeto a cambios o ajustes que afectaran a la futura distribución de los productos a las diferentes subsidiarias. La aprobación de la orden de producción se la realiza tres meses antes de que empiece la elaboración del medicamento.

Después de que el producto es fabricado, se somete a pruebas exhaustivas de calidad que tienen una fecha máxima de duración de dos semanas, para luego proceder con su liberación de la cual se encarga el departamento de calidad de la planta. A continuación se realiza la selección y empaque del lote del medicamento solicitado, posterior a esto la empresa designada para manejo, transporte y aseguramiento del producto realiza el retiro. Se procede con la reserva de vuelo y de acuerdo a disponibilidad del mismo se confirman fechas estimadas de llegada a los departamentos de comercio exterior de los diferentes países de destino.

La información de los productos que va a ser usada en este estudio ha sido codificada por motivos de confidencialidad de datos.

El cuadro que se detalla a continuación es un extracto que muestra como los códigos fueron codificados.

Tabla 6: Codificación de productos

Code	Código DFJZ	BU	ORIGEN
1960260	X9	Unidad A	Xochimilco, MX
1959576	X10	Unidad C	Oss, NL
1020967	X11	Unidad C	Mirabel, FR
1020993	X12	Unidad C	Mirabel, FR
1026158	X13	Unidad A	Miami Lakes. US
1026102	X14	Unidad A	Miami Lakes. US
1958057	X15	Unidad A	Oss, NL
1020827	X16	Unidad A	Mirabel, FR
1000536	X17	Unidad B	Campinas, BR
1000568	X18	Unidad B	Campinas, BR

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Análisis productos críticos)

Con el presente estudio se podrá interpretar y entender el comportamiento de ventas en unidades físicas y en unidades monetarias de los productos más relevantes de la cartera total de la organización.

Los productos relevantes son el 20% de medicamentos que representan el 80% de las ventas en la empresa y el 20% de fármacos que representan el 80% del movimiento de inventario mensual. Estos son los parámetros que fueron determinados por los diagramas de Pareto presentados a continuación.

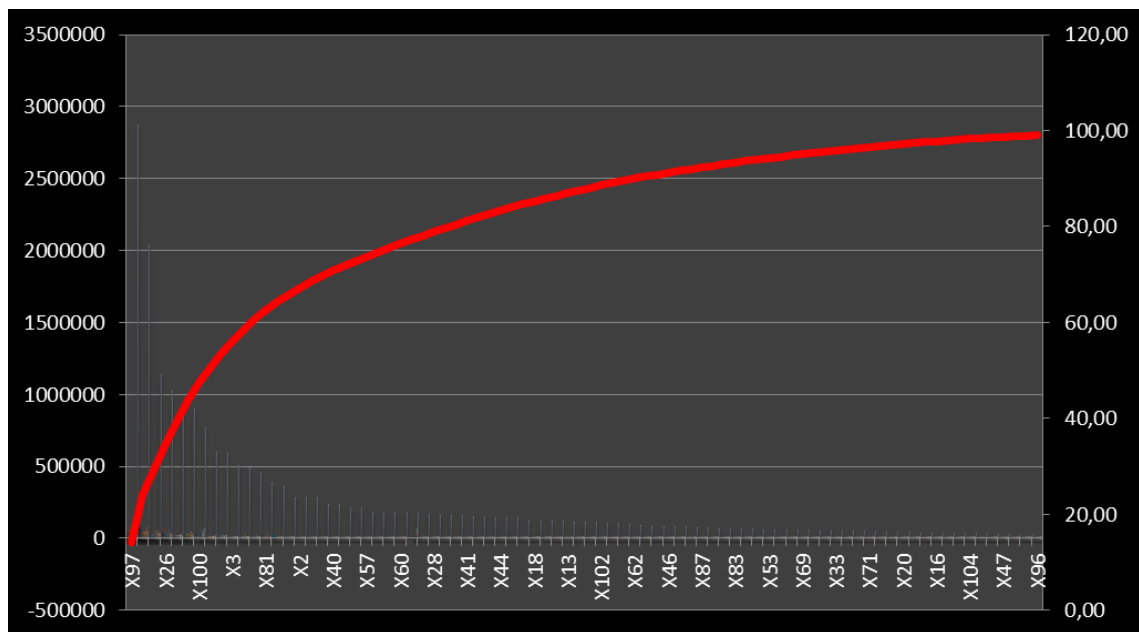


Figura 15: Diagrama de Pareto - Unidades

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Reporte de ventas - diciembre 2016)

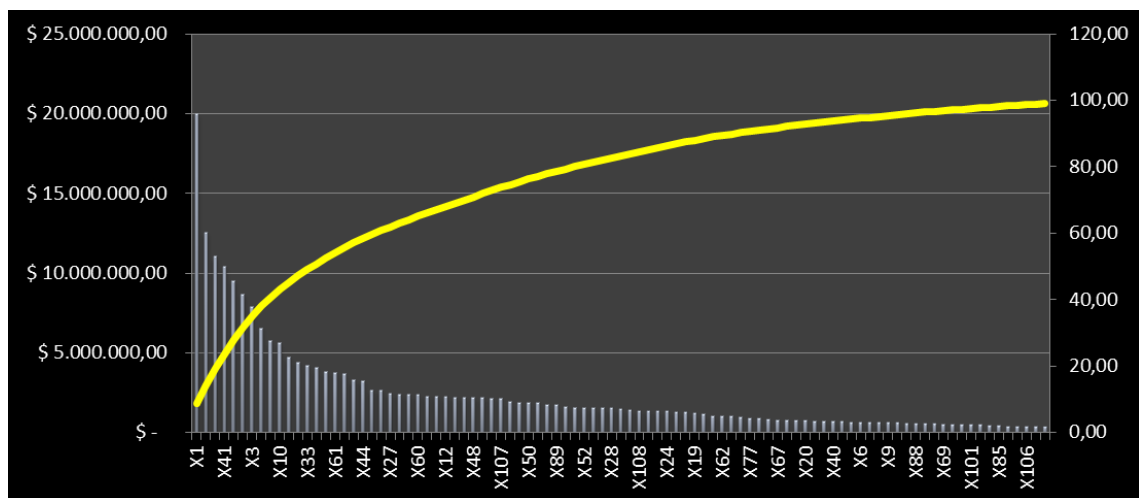


Figura 16: Diagrama de Pareto - Dinero

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Reporte de ventas - diciembre 2016)

El listado de productos que están dentro de los dos parámetros mencionados anteriormente son los siguientes:

Tabla 7: Análisis de Pareto - Productos principales

Unidad de Negocio	PRODUCTO	TOTAL \$	TOTAL UND
Unidad A	X1	\$ 19.966.955,03	937.646,00
Unidad A	X97	\$ 11.046.011,39	2.872.386,00
Unidad A	X100	\$ 8.659.949,57	769.125,00
Unidad A	X3	\$ 7.869.730,46	507.062,00
Unidad A	X68	\$ 6.523.452,33	2.028.523,00
Unidad B	X103	\$ 4.698.724,88	208.211,00
Unidad A	X5	\$ 4.044.375,99	159.147,00
Unidad A	X81	\$ 3.798.750,59	382.261,00
Unidad A	X61	\$ 3.751.357,95	278.888,00
Unidad A	X2	\$ 3.284.113,33	279.112,00
Unidad A	X27	\$ 2.425.646,63	895.389,00
Unidad A	X60	\$ 2.360.072,99	178.359,00
Unidad A	X56	\$ 2.202.822,48	1.140.486,00
Unidad A	X15	\$ 1.904.412,91	601.400,00
Unidad A	X21	\$ 1.726.728,56	590.863,00

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Reporte de ventas - diciembre 2016)

Los datos de ventas que se van a utilizar en este estudio corresponden al periodo 2012 hasta diciembre del 2016.

3.2 Análisis unidades de negocio

El primer análisis de comportamiento se va a realizar de las 4 unidades de negocio que tienen en su control el manejo de los productos, este análisis dará una primera impresión de la situación actual de la organización y dará como resultado un indicador con el que se podrá medir la gestión de la dirección de cada unidad con su respectivo equipo en base a su cumplimiento.

Hay que tomar en cuenta que en todos los gráficos presentados a continuación las leyendas son las siguientes:

Carta de Datos individuales:



Carta de Rangos Móviles:



3.2.1 Unidad de negocio A

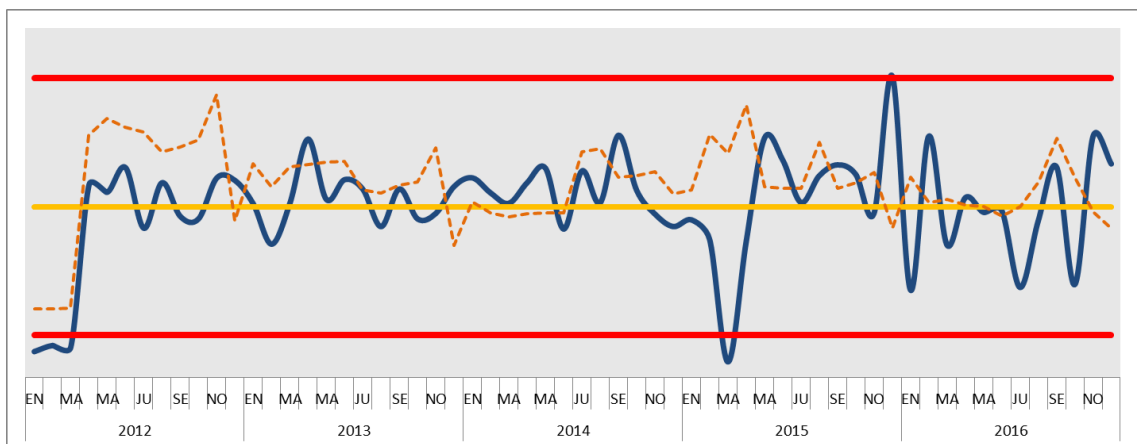


Figura 17: Carta datos individuales - Unidad de negocio A

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

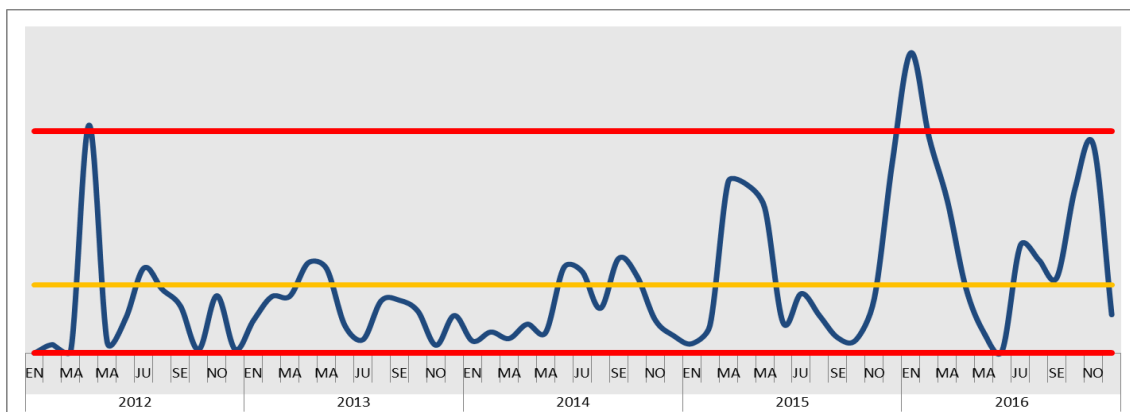


Figura 18: Carta rangos móviles – Unidad de negocio A

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Como se observa, la variación de las ventas a lo largo de estos 5 años es muy fluctuante debido a innumerables cambios en el sector farmacéutico. La comparación del forecast vs las ventas en su mayoría no son muy acertadas y además se puede ver que existen puntos que se encuentran fuera de los límites de control, por ejemplo en el mes de marzo del 2015 por políticas internas no se facturo ningún producto pero esto no quiere decir que el proceso se encuentra fuera de control. En cuanto a la variabilidad del proceso que se muestra a través del segundo grafico se puede decir que la gráfica muestra las cantidades de venta disparadas en marzo de 2012 y enero de 2016, estas ventas corresponden a temas puntuales de negociaciones comerciales.

3.2.2 Unidad de negocio B

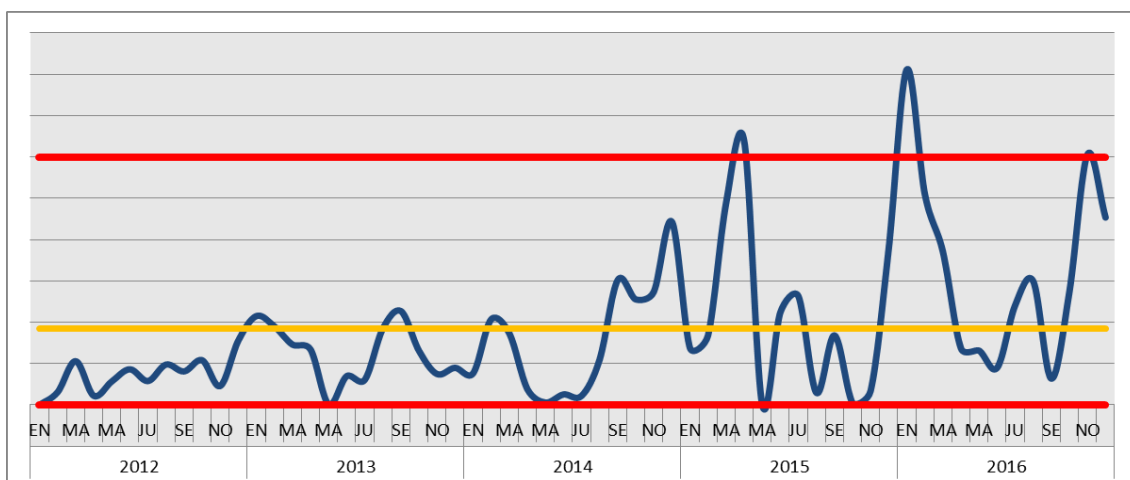


Figura 19: Carta datos individuales - Unidad de negocio B

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

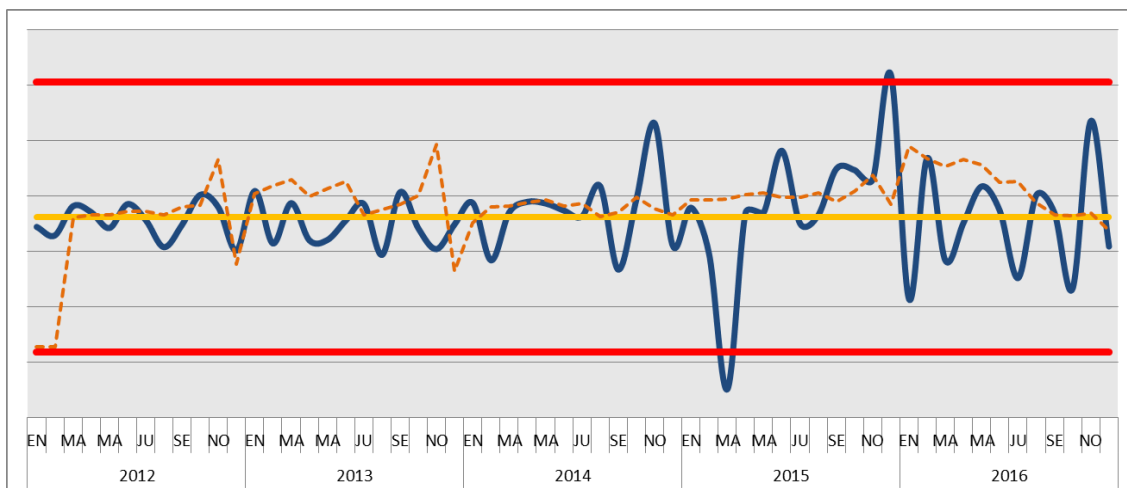


Figura 20: Carta rangos móviles – Unidad de negocio B

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Para esta unidad el comportamiento es similar al caso anterior en donde los puntos fuera de los límites de control corresponden a temas comerciales específicos que se ven reflejadas en el comportamiento de los datos en las gráficas mostradas sin embargo el proceso se encuentra controlado. La variación del proceso se debe a los valores extremos en las ventas mensuales de los productos de esta unidad. Y de igual manera se continúa viendo diferencias significativas entre el forecast y los valores reales de las ventas.

3.2.3 Unidad de negocio C

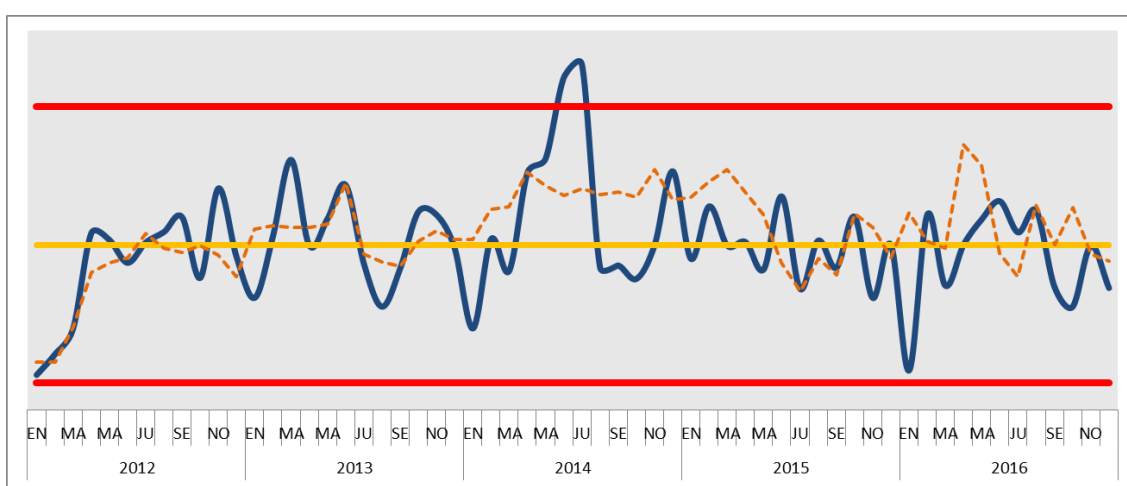


Figura 21: Carta datos individuales - Unidad de negocio C

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

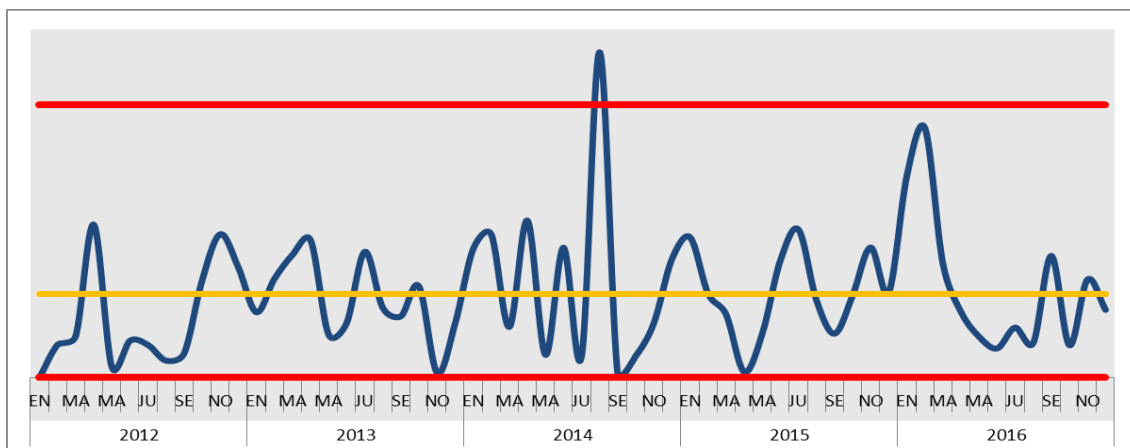


Figura 22: Carta rangos móviles – Unidad de negocio C

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

En este caso se puede observar que el comportamiento es similar a los casos anteriores en donde los puntos fuera de los límites de control corresponden a temas comerciales específicos que se ven reflejadas en el comportamiento de los datos en las gráficas mostradas. Se concluye que el proceso se encuentra controlado y que sus variaciones se deben a temas de mercado e inventario en clientes.

3.2.4 Unidad de negocio D

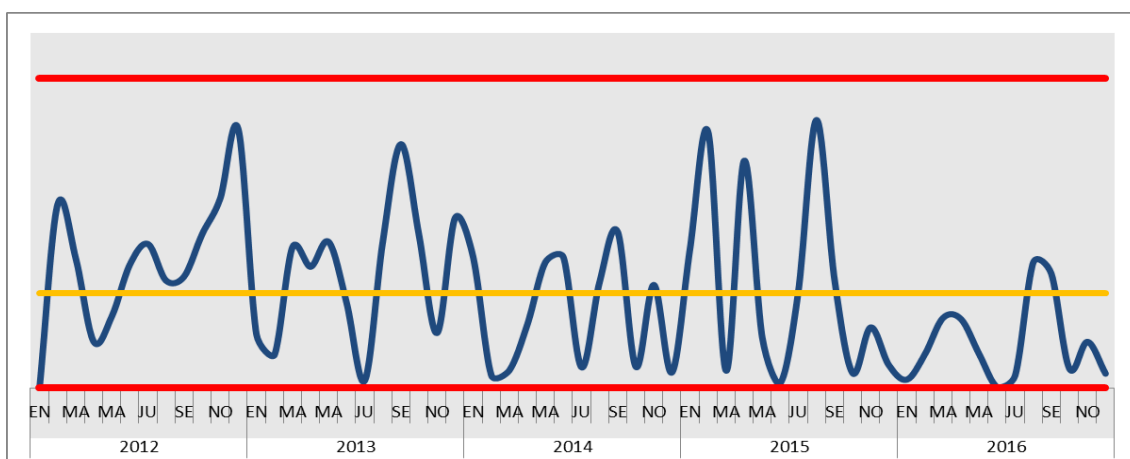


Figura 23: Carta datos individuales - Unidad de negocio D

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

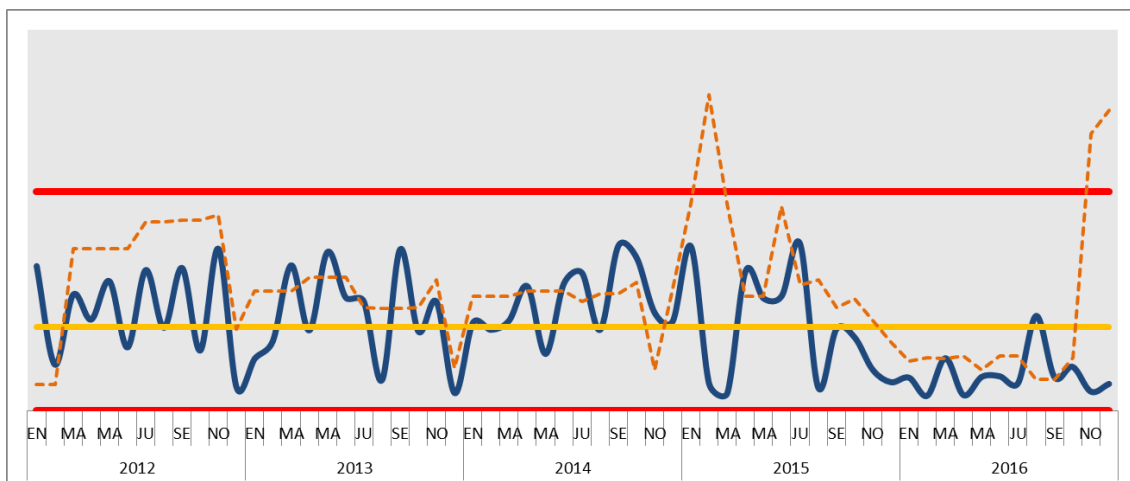


Figura 24: Carta rangos móviles – Unidad de negocio D

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Esta unidad presenta el forecast más acertado dentro de todas las unidades de la compañía, el proceso se encuentra controlado y la variabilidad como se observa en el segundo cuadro tiene una fluctuación constante debido a sobreventas mensuales que afectan a las ventas del siguiente mes y al nivel de inventario.

3.3 Análisis de productos

El monitoreo continuo del comportamiento de venta de los siguientes productos es esencial para este estudio. Ventas en unidades que afectan el volumen del inventario así como un futuro suplido para los clientes y las ventas en dinero que afectan directamente al ingreso de la compañía y por ende al desempeño local de la misma, serán los datos utilizados para esta segunda parte del análisis en donde se usaran las gráficas para datos individuales y la carta de rangos móviles.

3.3.1 Producto 1025021

Análisis en unidades

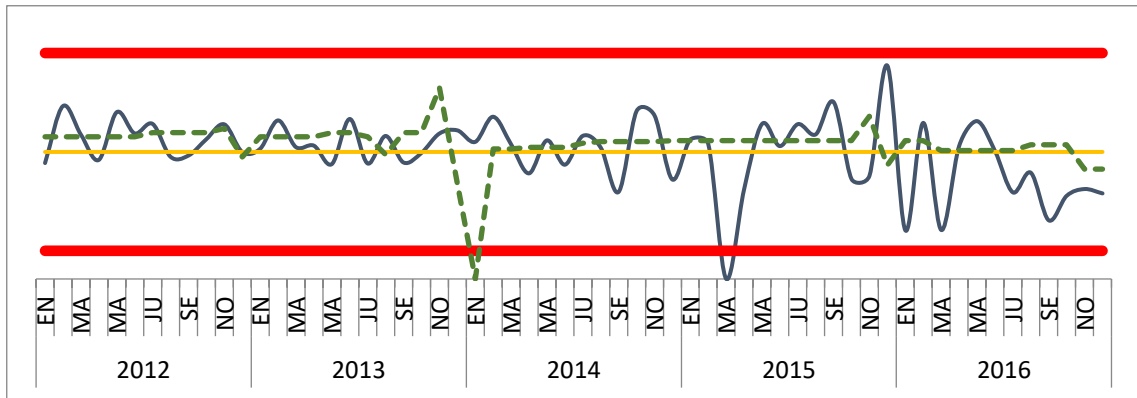


Figura 25: Carta datos individuales - Producto 1025021 - Unidades

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

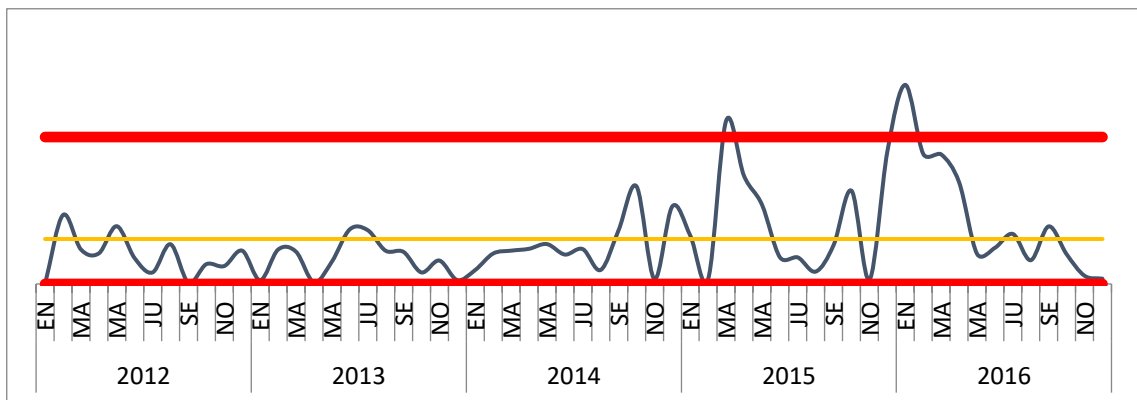


Figura 26: Carta rangos móviles – Producto 1025021 - Unidades

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Se aprecian claramente que existen valores fuera de los límites de control sin embargo es importante mencionar que el proceso está controlado ya que según lo explicado anteriormente marzo de 2015 fue un mes que presentó un requerimiento especial por parte del departamento comercial.

Debido a la variación de las ventas que se ve en la gráfica de rangos donde también existen puntos fuera de los límites, esto es el resultado de las ventas irregulares de este producto..

Análisis en dólares

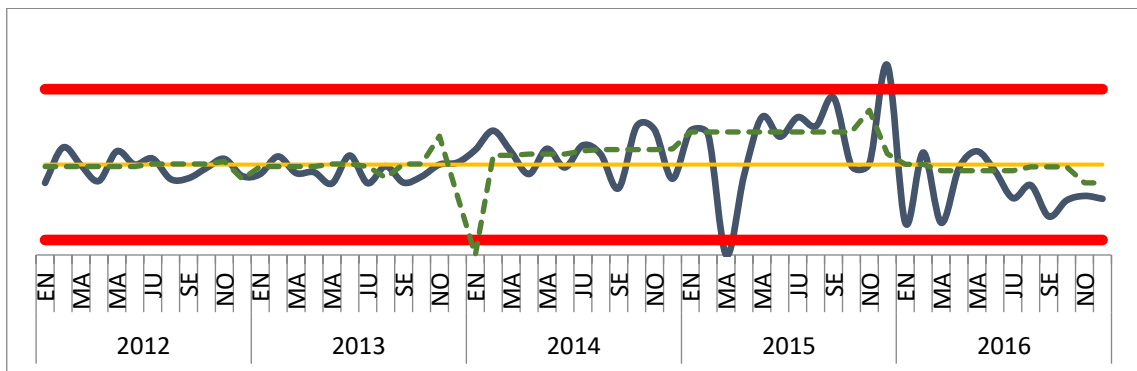


Figura 27: Carta datos individuales - Producto 1025021 - Dólares

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

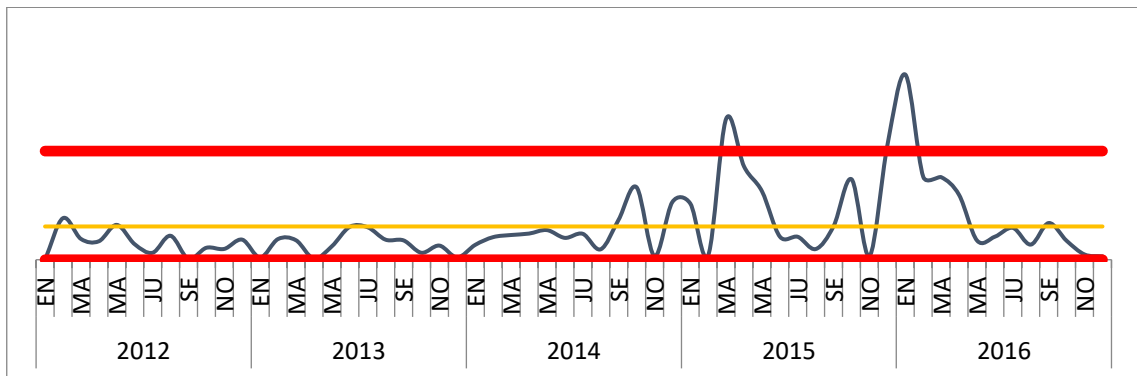


Figura 28: Carta rangos móviles – Producto 1025021 - Dólares

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

El análisis presentado a continuación es similar al análisis en unidades puesto que el presupuesto en dólares está ligado a un presupuesto que se basa básicamente en las unidades vendidas y las variaciones de precio del producto.

Se puede decir con seguridad que el proceso se encuentra controlado sin embargo se observa la no asertividad del forecast con las ventas reales. Debido a las ventas mensuales irregulares se concluye que la variación del proceso de ventas de este producto es muy errática y con puntos que rebasan los límites de control.

Tabla 8: Índice de capacidad - Producto 1025021

		CPI	CPS			CPI	CPS
2012	ENERO	(0,23)	2,74	2015	ENERO	0,01	2,43
	FEBRERO	0,74	6,13		FEBRERO	(0,07)	6,75
	MARZO	0,01	1,47		MARZO	(0,72)	2,16
	ABRIL	(0,41)	5,46		ABRIL	(0,87)	5,77
	MAYO	0,40	4,23		MAYO	0,27	4,23
	JUNIO	0,06	5,38		JUNIO	(0,10)	5,39
	JULIO	0,10	3,20		JULIO	0,19	2,92
	AGOSTO	(0,51)	6,66		AGOSTO	0,13	5,67
	SEPTIEMBRE	(0,17)	2,38		SEPTIEMBRE	0,29	1,79
	OCTUBRE	(0,07)	3,00		OCTUBRE	(0,39)	3,16
	NOVIEMBRE	0,04	3,02		NOVIEMBRE	(0,60)	3,92
	DICIEMBRE	0,03	1,59		DICIEMBRE	0,66	0,85
2013	ENERO	(0,11)	2,62	2016	ENERO	(0,79)	3,23
	FEBRERO	0,39	6,47		FEBRERO	0,43	6,24
	MARZO	(0,05)	1,53		MARZO	(0,41)	1,75
	ABRIL	(0,16)	5,21		ABRIL	0,08	4,48
	MAYO	(0,51)	5,28		MAYO	0,48	3,71
	JUNIO	0,26	5,34		JUNIO	(0,01)	4,93
	JULIO	(0,30)	3,50		JULIO	(0,47)	3,36
	AGOSTO	0,39	4,84		AGOSTO	(0,59)	6,22
	SEPTIEMBRE	(0,23)	2,43		SEPTIEMBRE	(0,57)	2,59
	OCTUBRE	(0,20)	3,14		OCTUBRE	(0,51)	3,20
	NOVIEMBRE	(0,46)	4,36		NOVIEMBRE	(0,20)	2,44
	DICIEMBRE	0,36	0,91		DICIEMBRE	(0,16)	1,62
2014	ENERO	1,21	(1,21)				
	FEBRERO	0,78	5,50				
	MARZO	0,02	1,33				
	ABRIL	(0,46)	5,14				
	MAYO	0,11	4,18				
	JUNIO	(0,33)	5,37				
	JULIO	0,08	2,97				
	AGOSTO	(0,12)	5,90				
	SEPTIEMBRE	(0,38)	2,45				
	OCTUBRE	0,30	2,45				
	NOVIEMBRE	0,27	2,53				
	DICIEMBRE	(0,26)	2,09				

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Reporte de ventas - diciembre 2016)

Como se explica anteriormente los indices de capacidad indican cuando el producto es capaz o no, el CPI debe estar entre -1;0;1 y cuan más cercano a 0 mejor será el índice ya

que el CPI corresponde que tan cerca estuvo la venta real del mes con respecto al forecast y el CPS debe ser mayor que 1 y cuanto más alejado a 0 este mejor será el índice puesto a que el límite superior es la venta de 3 meses de inventario (Forecast trimestral), por lo que podemos decir que el proceso es también capaz puesto que en ningún mes del CPS es menor a 1 y CPI es diferente y se encuentra dentro del rango.

3.3.2 Producto 1000468

Análisis en unidades

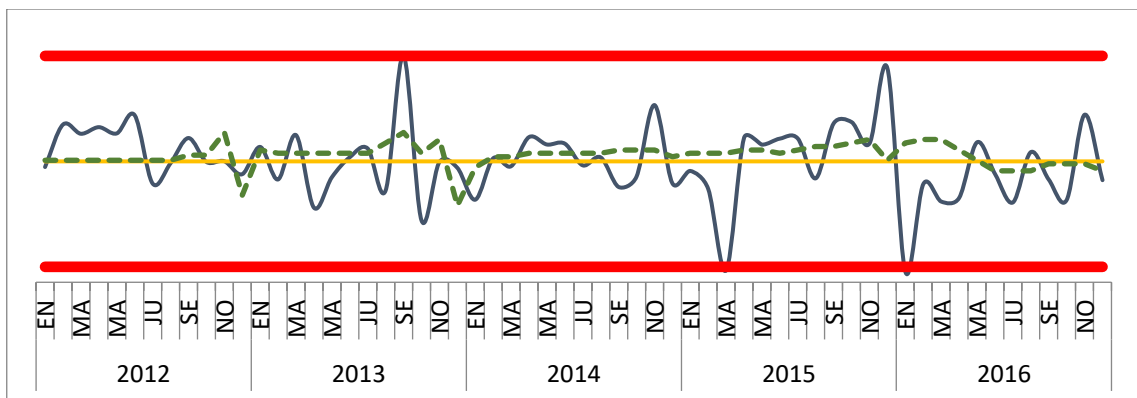


Figura 29: Carta datos individuales - Producto 1000468 - Unidades

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

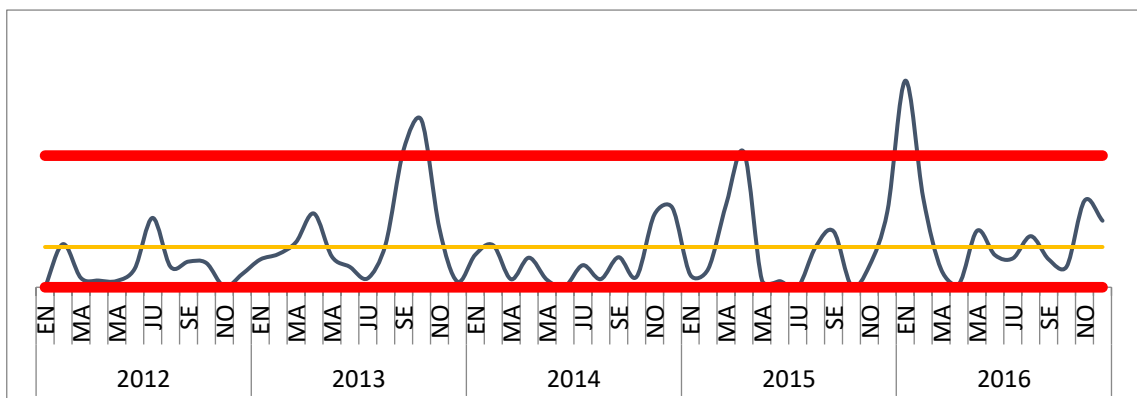


Figura 30: Carta rangos móviles – Producto 1000468 - Unidades

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

En los gráficos presentados a continuación se observa en el último año una tendencia creciente en las ventas de este producto sin embargo los datos de ventas anteriores

presentan variaciones irregulares. El forecast como se puede apreciar se ha mantenido estable desde el 2014 hasta el 2016 a pesar del comportamiento real de las ventas y del mercado.

Análisis en dólares

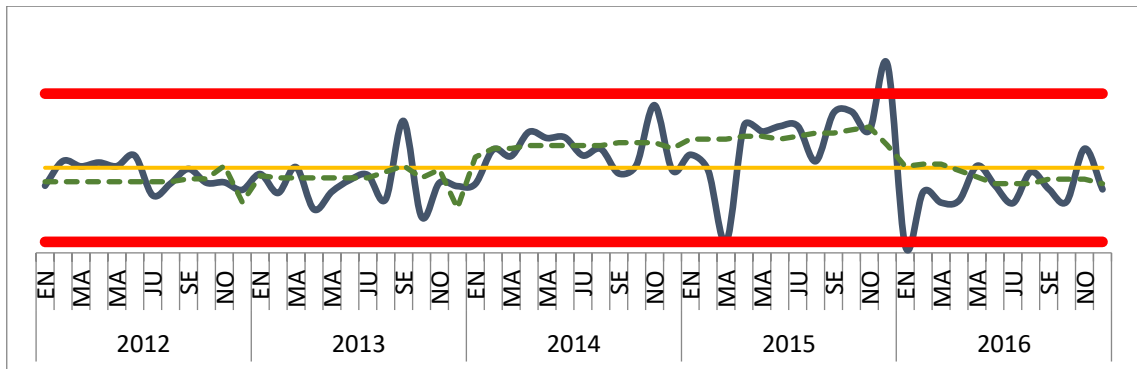


Figura 31: Carta datos individuales - Producto 1000468 - Dólares

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

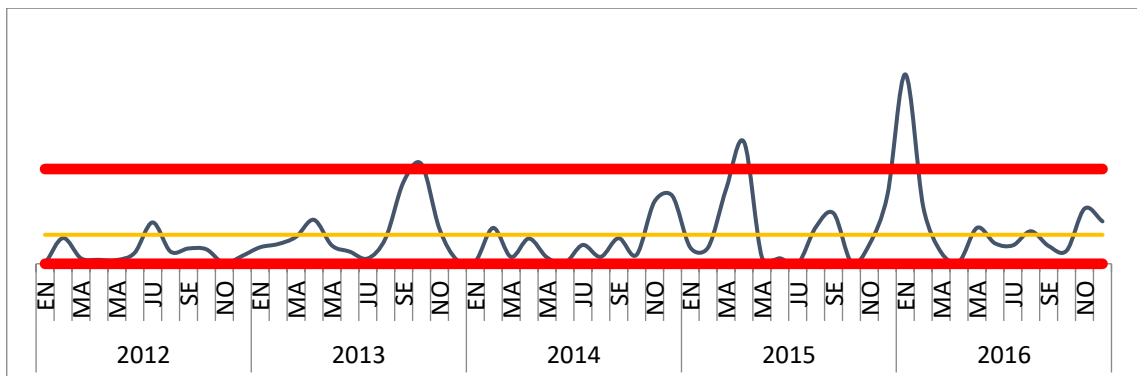


Figura 32: Carta rangos móviles – Producto 1000468 - Dólares

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Para este producto tal y como se puede visualizar ver en la gráfica hubo una variación en el precio del mismo puesto que como se revisó en el grafico anterior el forecast en unidades se mantuvo sin embargo el presupuesto tuvo un incremento que indica que el precio del producto aumento. Se observa una tendencia creciente en el último año y además la variación del proceso indicada en el segundo grafico es irregular debido a la comparación de las ventas mensuales del medicamento.

Tabla 9: Índice de capacidad - Producto 1000468

		CPI	CPS			CPI	CPS
2012	ENERO	(0,05)	1,71	2015	ENERO	(0,12)	1,88
	FEBRERO	0,45	2,62		FEBRERO	(0,45)	3,69
	MARZO	0,16	1,27		MARZO	(0,69)	2,19
	ABRIL	0,29	1,85		ABRIL	0,11	2,21
	MAYO	0,53	4,31		MAYO	0,10	5,15
	JUNIO	0,69	3,03		JUNIO	0,22	3,71
	JULIO	(0,30)	3,44		JULIO	0,15	3,26
	AGOSTO	(0,06)	5,19		AGOSTO	(0,67)	6,38
	SEPTIEMBRE	0,11	1,50		SEPTIEMBRE	0,15	1,57
	OCTUBRE	(0,06)	2,32		OCTUBRE	0,18	2,29
	NOVIEMBRE	(0,36)	4,16		NOVIEMBRE	(0,05)	3,67
	DICIEMBRE	0,14	1,05		DICIEMBRE	0,63	1,04
2013	ENERO	0,02	1,79	2016	ENERO	(0,88)	2,79
	FEBRERO	(0,33)	3,57		FEBRERO	(0,56)	4,16
	MARZO	0,11	1,40		MARZO	(0,36)	2,04
	ABRIL	(0,48)	2,73		ABRIL	(0,42)	2,74
	MAYO	(0,48)	5,59		MAYO	0,36	4,48
	JUNIO	(0,06)	3,99		JUNIO	(0,05)	3,45
	JULIO	0,06	3,26		JULIO	(0,41)	3,28
	AGOSTO	(1,00)	6,86		AGOSTO	0,39	4,30
	SEPTIEMBRE	0,49	1,41		SEPTIEMBRE	(0,10)	1,60
	OCTUBRE	(0,59)	2,88		OCTUBRE	(0,32)	2,42
	NOVIEMBRE	(0,29)	3,90		NOVIEMBRE	0,62	2,38
	DICIEMBRE	0,26	0,79		DICIEMBRE	(0,06)	1,59
2014	ENERO	(0,22)	1,79				
	FEBRERO	(0,02)	3,18				
	MARZO	(0,06)	1,52				
	ABRIL	0,14	2,12				
	MAYO	0,18	4,94				
	JUNIO	0,15	3,78				
	JULIO	(0,15)	3,47				
	AGOSTO	(0,08)	5,50				
	SEPTIEMBRE	(0,23)	1,91				
	OCTUBRE	(0,24)	2,59				
	NOVIEMBRE	0,57	2,78				
	DICIEMBRE	(0,18)	1,90				

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Reporte de ventas - diciembre 2016)

Al igual que en el caso anterior se puede decir que el proceso de ventas de este producto es capaz debido a que cumple con las especificaciones que se dieron para los índices mensuales, CPI los valores se encuentran dentro del rango y CPS a excepción de diciembre de 2013 en donde las ventas fueron superiores al forecast y mu próximas al límite superior (Forecast Trimestral) a 0.

3.3.3 Producto 1025213

Análisis en unidades

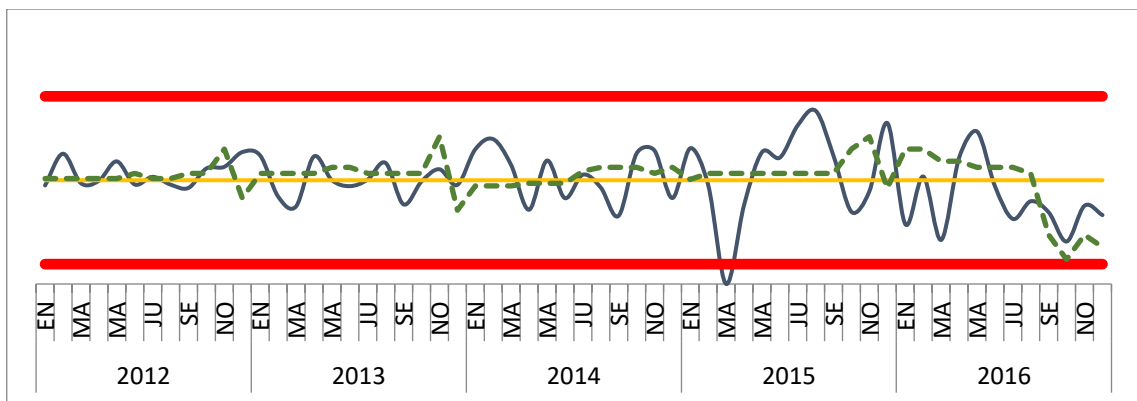


Figura 33: Carta datos individuales - Producto 1025213 - Unidades

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

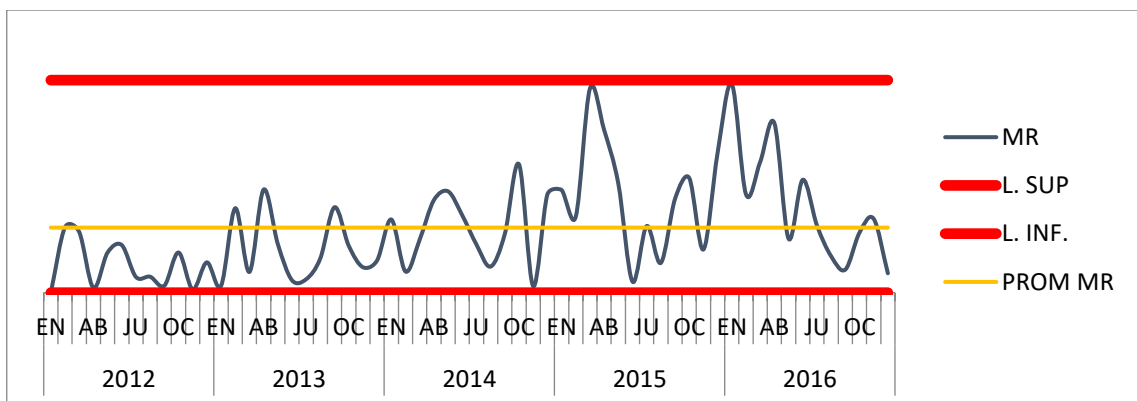


Figura 34: Carta rangos móviles – Producto 1025213 - Unidades

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

En este producto se puede ver que las ventas se encuentran concentradas alrededor de la media en los primero años para después tener un comportamiento más irregular y variado.

Pese a esto se afirma que el proceso se encuentra controlado. Las variaciones de las ventas se ven reflejadas en el segundo grafico como se observa conforme avanza el tiempo (año 2012 a 2016) se puede ver claramente que la variación aumenta.

Análisis en dólares

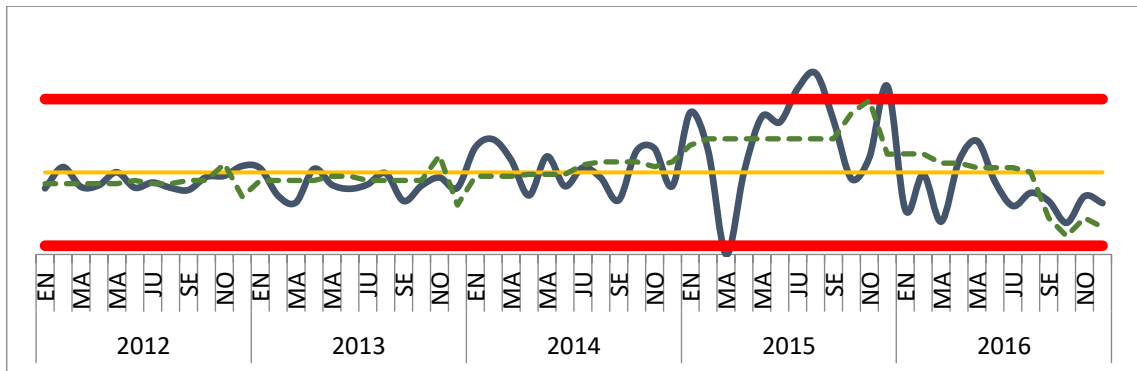


Figura 35: Carta datos individuales - Producto 1025213 - Dólares

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

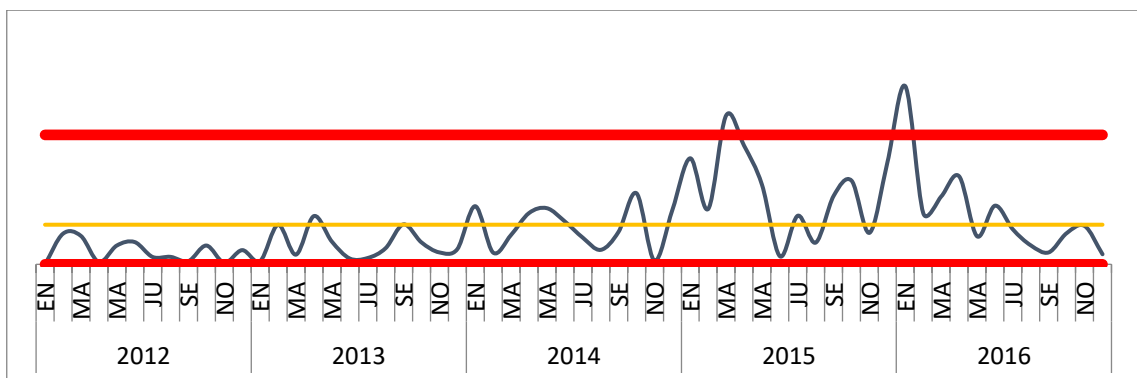


Figura 36: Carta rangos móviles – Producto 1025213 - Dólares

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Las ventas en unidades monetarias de este producto no han sido tan variables como en el caso anterior puesto que el precio del mismo ha cambiado a lo largo del tiempo debido a regulaciones de gobierno y políticas comerciales en el último año se observa una tendencia decreciente, sin embargo se afirma que se encuentra controlado.

Tabla 10: Índice de capacidad

		CPI	CPS			CPI	CPS
2012	ENERO	(0,07)	2,23	2015	ENERO	0,32	1,81
	FEBRERO	0,35	2,66		FEBRERO	(0,16)	3,32
	MARZO	(0,03)	1,52		MARZO	(0,78)	2,33
	ABRIL	(0,03)	2,82		ABRIL	(0,42)	3,34
	MAYO	0,32	3,68		MAYO	0,40	3,79
	JUNIO	(0,24)	5,17		JUNIO	0,35	4,57
	JULIO	0,02	2,10		JULIO	0,48	1,73
	AGOSTO	(0,06)	2,04		AGOSTO	0,59	1,49
	SEPTIEMBRE	(0,20)	3,23		SEPTIEMBRE	0,23	2,79
	OCTUBRE	0,05	2,04		OCTUBRE	(0,60)	3,15
	NOVIEMBRE	(0,28)	4,42		NOVIEMBRE	(0,83)	5,36
	DICIEMBRE	0,41	1,14		DICIEMBRE	0,59	1,14
2013	ENERO	0,18	2,07	2016	ENERO	(0,77)	3,53
	FEBRERO	(0,33)	3,48		FEBRERO	(0,39)	4,25
	MARZO	(0,23)	1,79		MARZO	(0,55)	2,28
	ABRIL	0,22	2,70		ABRIL	0,05	3,20
	MAYO	(0,24)	4,66		MAYO	0,68	3,74
	JUNIO	(0,42)	5,62		JUNIO	(0,42)	5,62
	JULIO	(0,06)	2,28		JULIO	(0,52)	2,85
	AGOSTO	0,10	1,98		AGOSTO	(0,26)	2,34
	SEPTIEMBRE	(0,42)	3,45		SEPTIEMBRE	0,31	1,04
	OCTUBRE	(0,08)	2,16		OCTUBRE	0,17	0,29
	NOVIEMBRE	(0,50)	5,03		NOVIEMBRE	0,45	1,06
	DICIEMBRE	0,23	1,10		DICIEMBRE	0,29	0,38
2014	ENERO	0,37	1,64				
	FEBRERO	0,66	2,14				
	MARZO	0,15	1,24				
	ABRIL	(0,35)	3,01				
	MAYO	0,43	3,39				
	JUNIO	(0,33)	4,81				
	JULIO	(0,04)	2,30				
	AGOSTO	(0,19)	2,38				
	SEPTIEMBRE	(0,66)	3,86				
	OCTUBRE	0,13	2,07				
	NOVIEMBRE	0,35	3,04				
	DICIEMBRE	(0,28)	2,38				

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Reporte de ventas - diciembre 2016)

El proceso de ventas de este producto es capaz puesto que en el caso del CPI los valores se encuentran dentro de los rangos indicados y pese a que en el CPS todos los valores son superiores a 1, a excepción de las ventas de octubre y diciembre de 2016 que por un tema en particular hubieron sobreventas importantes casi duplicando el forecast mensual se puede concluir lo mencionado.

3.3.4 Producto 1020955

Análisis en unidades

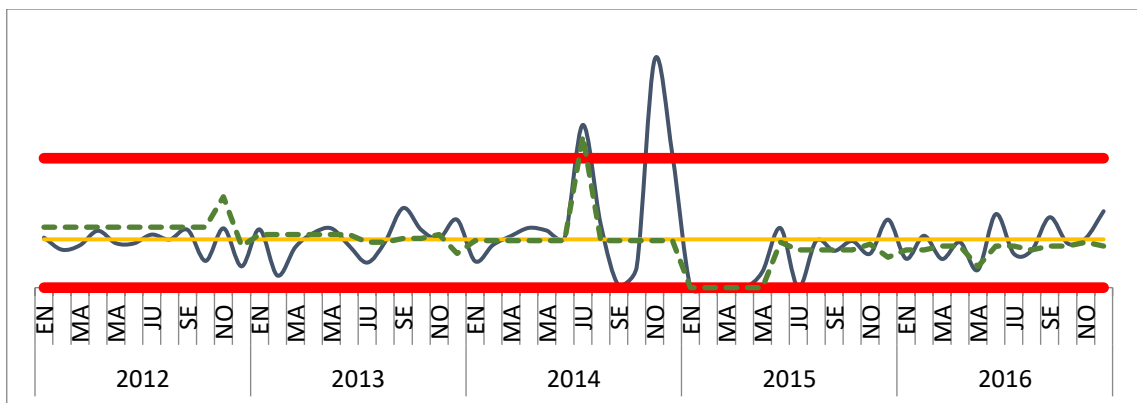


Figura 37: Carta datos individuales - Producto 1020955 - Unidades

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

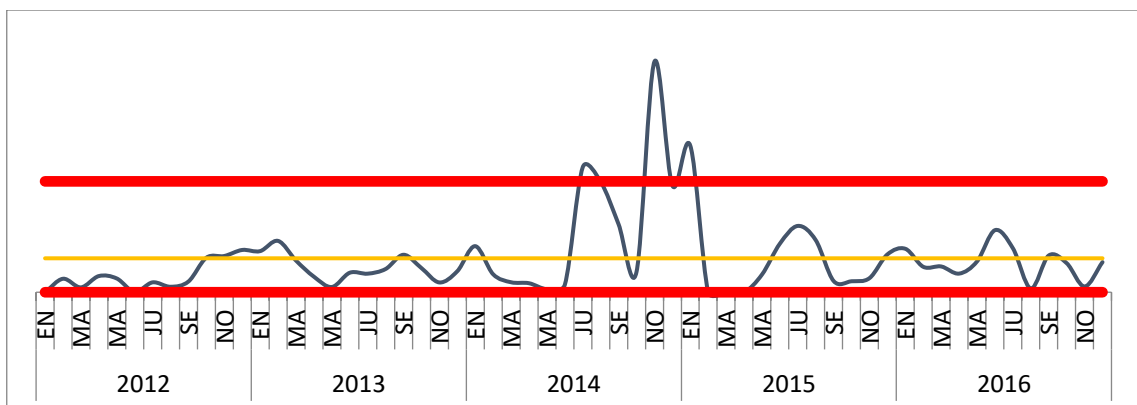


Figura 38: Carta rangos móviles – Producto 1020955 - Unidades

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

La relación que se observa entre el forecast y las ventas reales es muy buena y acertada a lo largo de los años para este producto y se puede decir que está controlado el proceso y

que su variabilidad no es tan grande a pesar de que en el último semestre de 2014 y el primer trimestre de 2015 tuvo grandes cambios debido a una política de gobierno en donde este medicamento se vio afectado.

Análisis en dólares

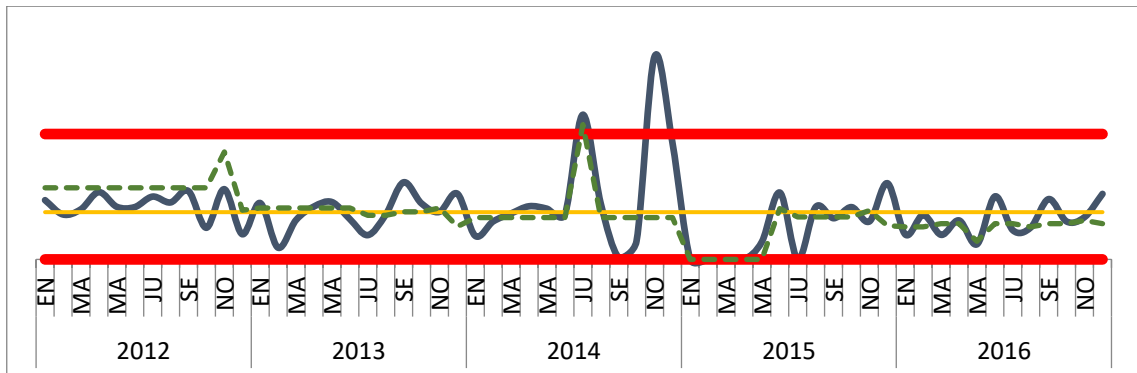


Figura 39: Carta datos individuales - Producto 1020955 - Dólares

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

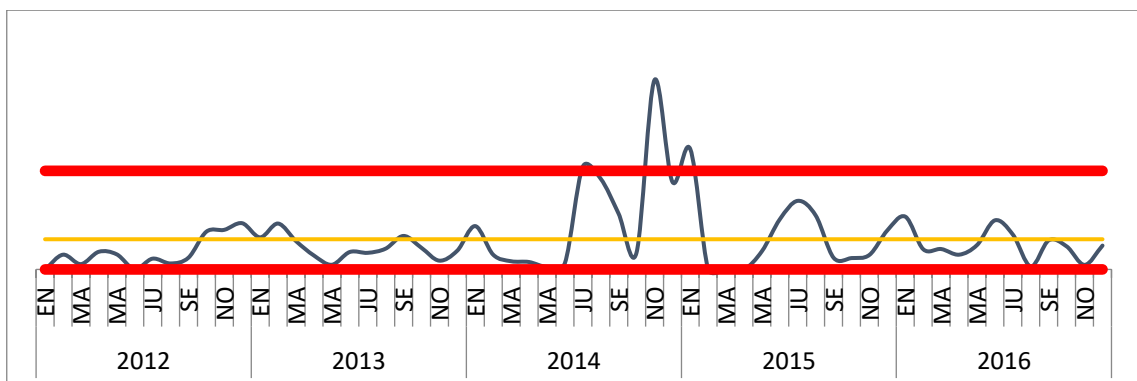


Figura 40: Carta rangos móviles – Producto 1020955 - Dólares

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

En cuanto al precio del producto se puede decir que no ha tenido mayor variación a lo largo de los años es por esto que el comportamiento reflejado en estos gráficos es muy parecido a los dos anteriores.

Tabla 11: Índice de Capacidad

		CPI	CPS			CPI	CPS
2012	ENERO	(0,15)	1,93	2015	ENERO	-	-
	FEBRERO	(0,35)	2,19		FEBRERO	-	-
	MARZO	(0,30)	2,33		MARZO	-	-
	ABRIL	(0,05)	1,68		ABRIL	-	-
	MAYO	(0,26)	2,19		MAYO	0,25	(0,25)
	JUNIO	(0,42)	3,54		JUNIO	0,36	1,97
	JULIO	(0,04)	0,68		JULIO	(0,20)	0,60
	AGOSTO	(0,44)	4,75		AGOSTO	0,32	2,37
	SEPTIEMBRE	(0,03)	1,34		SEPTIEMBRE	(0,01)	0,83
	OCTUBRE	(0,74)	3,38		OCTUBRE	0,19	1,46
	NOVIEMBRE	(0,13)	0,88		NOVIEMBRE	(0,04)	0,40
	DICIEMBRE	(0,17)	0,88		DICIEMBRE	0,32	0,19
2013	ENERO	0,08	1,48	2016	ENERO	(0,13)	1,24
	FEBRERO	(0,62)	2,24		FEBRERO	0,21	0,94
	MARZO	(0,21)	1,98		MARZO	(0,22)	1,61
	ABRIL	0,02	1,40		ABRIL	0,05	1,07
	MAYO	0,10	1,59		MAYO	(0,06)	0,73
	JUNIO	(0,29)	3,02		JUNIO	0,82	1,32
	JULIO	(0,11)	0,59		JULIO	(0,04)	0,48
	AGOSTO	0,02	3,21		AGOSTO	(0,02)	2,71
	SEPTIEMBRE	0,33	0,74		SEPTIEMBRE	0,31	0,59
	OCTUBRE	0,19	1,96		OCTUBRE	0,06	1,76
	NOVIEMBRE	(0,02)	0,45		NOVIEMBRE	0,02	0,36
	DICIEMBRE	0,29	0,29		DICIEMBRE	0,29	0,41
2014	ENERO	(0,30)	1,67				
	FEBRERO	(0,07)	1,50				
	MARZO	0,08	1,49				
	ABRIL	0,17	1,09				
	MAYO	0,16	1,34				
	JUNIO	0,09	2,33				
	JULIO	0,06	1,54				
	AGOSTO	0,58	2,76				
	SEPTIEMBRE	(0,48)	1,50				
	OCTUBRE	(0,58)	2,63				
	NOVIEMBRE	0,74	(0,36)				
	DICIEMBRE	0,72	0,08				

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

En este producto se puede ver el impacto que tiene el vender casi 3 meses de inventario, en el mes de diciembre de 2014 se observa una venta que no estaba contemplada dentro de los objetivos de la empresa, junto con un retraso en el suministro la empresa se vio obligada a dejar de vender en el primer cuatrimestre del 2015 debido a que no tenían producto. En general podemos decir que este proceso de ventas no es capaz y ha incumplido en varios meses las especificaciones dadas.

4 PRONÓSTICOS

En este capítulo se estudian los datos de venta de dos de los productos principales del estudio como series de tiempo con el fin de identificar un modelo acertado que sirva para realizar un pronóstico de venta (Forecast) con herramientas estadísticas mediante el programa E views 8.

4.1 Producto 1000468

A continuación se modelará la serie de tiempo de las ventas del producto 1000468.

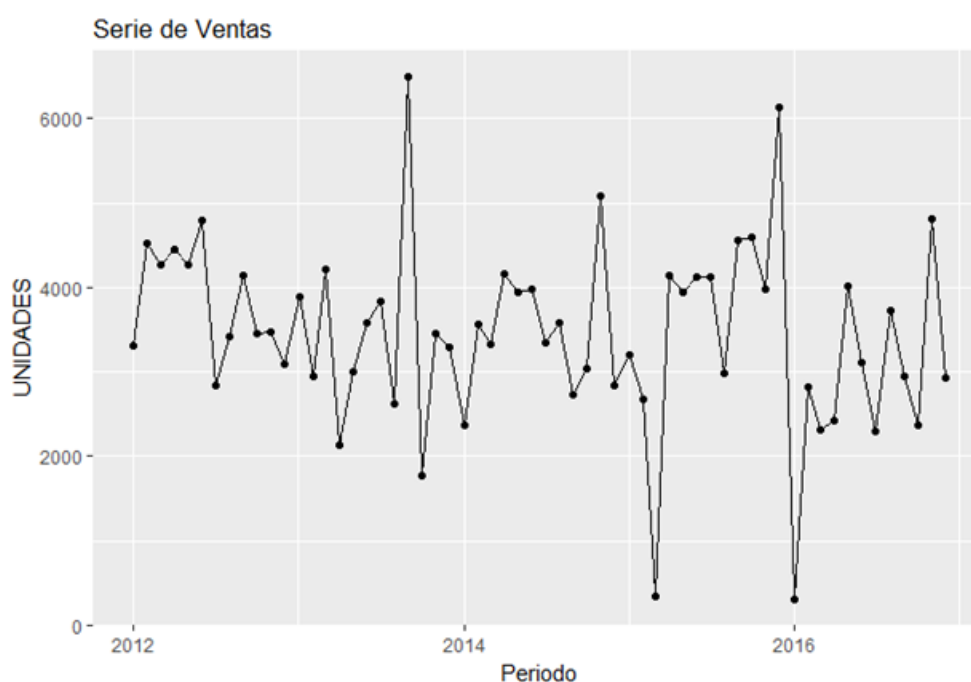














































Figura 41: Comportamiento ventas del producto 1000468

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Se va a proceder con la metodología de Box – Jenkins que fue explicada anteriormente. El primer paso que se debe seguir de acuerdo a esta metodología es VERIFICAR LA ESTACIONARIEDAD DE LA SERIE, para lo que se presentan las estimaciones de la función de auto correlación (FAC) y la función de auto correlación parcial (FACP) de la serie.

Tabla 12: Estimaciones de función de autocorrelación y autocorrelación parcial – Producto 1000468 – Modelo 1

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.148	-0.148	1.4415	0.230
		2	0.099	0.079	2.1037	0.349
		3	-0.023	0.003	2.1383	0.544
		4	-0.231	-0.249	5.8508	0.211
		5	0.111	0.053	6.7170	0.243
		6	0.046	0.125	6.8703	0.333
		7	-0.092	-0.114	7.4951	0.379
		8	0.059	-0.042	7.7563	0.458
		9	-0.199	-0.136	10.767	0.292
		10	-0.073	-0.108	11.178	0.344
		11	0.146	0.121	12.861	0.302
		12	-0.062	-0.007	13.168	0.357
		13	0.283	0.195	19.735	0.102
		14	-0.040	0.017	19.866	0.134
		15	-0.049	-0.023	20.073	0.169
		16	0.048	0.017	20.271	0.208
		17	-0.021	0.079	20.309	0.259
		18	-0.052	-0.115	20.557	0.302
		19	0.092	-0.006	21.342	0.318
		20	-0.132	-0.012	22.995	0.289
		21	-0.058	-0.090	23.322	0.327
		22	-0.069	-0.070	23.796	0.358
		23	-0.008	0.076	23.804	0.415
		24	0.161	0.111	26.519	0.327

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Como se puede observar, no existe periodicidad en las ventas mensuales, por lo que no es necesario realizar una diferencia estacional. Además, se debe examinar si la serie es estacionaria, es decir si no presenta una raíz unitaria. Para se realizó la prueba de estacionariedad de Dickey Fuller, la cual contrasta la siguiente hipótesis:

Ho: La serie tiene una raíz unitaria.

Ha: La serie no tiene una raíz unitaria (la serie es estacionaria).

Tabla 13: Prueba de estacionariedad Dickey-Fuller – Producto 1000468 – Modelo 1

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-8.872375	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.540198	
5% level	-2.909206	
10% level	-2.592215	

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Puesto que el índice de Probabilidad (Prob) es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula y por ende se acepta la hipótesis alternativa por lo que se puede decir que la serie es estacionaria. Y se procede con el segundo y tercer paso según Box – Jenkins que es identificar un modelo tentativo y estimarlo.

Puesto que la autocorrelacion parcial estimada de orden 4 se sale de la banda de confianza (95%) se escoge un coeficiente AR (4)













































Tabla 14: Coeficiente AR(4) – Producto 1000468 – Modelo 1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3474.856	113.4175	30.63773	0.0000
AR(4)	-0.328061	0.136846	-2.397307	0.0205
R-squared	0.106928	Mean dependent var		3451.720
Adjusted R-squared	0.088323	S.D. dependent var		1113.190
S.E. of regression	1062.894	Akaike info criterion		16.81456
Sum squared resid	54227697	Schwarz criterion		16.89104
Log likelihood	-418.3639	Hannan-Quinn criter.		16.84368
F-statistic	5.747079	Durbin-Watson stat		2.360196
Prob(F-statistic)	0.020456			
Inverted AR Roots	.54-.54i	.54-.54i	-.54+.54i	-.54+.54i

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Como se ve en la tabla el coeficiente AR (4) y la constante son significativos, esto quiere decir que los valores obtenidos en la columna de probabilidad (Prob.) son menores a 0.05 entonces se procede a graficar el correlograma de los residuos.

Tabla 15: Correlograma de los residuos – Producto 1000468 – Modelo 1

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.188	-0.188	1.8814	
		2	0.163	0.132	3.3218	0.068
		3	-0.113	-0.064	4.0231	0.134
		4	-0.063	-0.119	4.2480	0.236
		5	-0.055	-0.063	4.4204	0.352
		6	0.029	0.031	4.4691	0.484
		7	-0.130	-0.132	5.4860	0.483
		8	-0.094	-0.180	6.0344	0.536
		9	-0.221	-0.268	9.1425	0.330
		10	0.057	-0.031	9.3553	0.405
		11	0.036	0.053	9.4425	0.491
		12	0.051	-0.040	9.6239	0.564
		13	0.112	0.040	10.503	0.572
		14	-0.030	-0.030	10.568	0.647
		15	0.089	0.054	11.154	0.674
		16	0.032	0.015	11.231	0.736
		17	0.048	-0.010	11.411	0.783
		18	-0.118	-0.165	12.549	0.766
		19	-0.006	-0.030	12.553	0.817
		20	0.014	0.137	12.570	0.860
		21	-0.047	-0.006	12.769	0.887
		22	0.030	0.010	12.851	0.914
		23	0.013	0.043	12.867	0.937
		24	-0.032	0.045	12.969	0.953

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Debido a que la constante C, AR (4) son significativos y los residuos se encuentran dentro del intervalo de confianza el primer modelo de esta serie es Ventas 1000468 C AR (4).

















































Otro modelo en que los coeficientes y los residuos pasan las pruebas estadísticas correspondientes es Ventas 1000468 C AR (4) MA (1) MA (8) MA (9).

Tabla 16: Coeficiente AR(4) MA(9) MA(1) MA(8) – Producto 1000468 – Modelo 2

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3420.156	27.18731	125.7997	0.0000
AR(4)	-0.443896	0.134736	-3.294572	0.0019
MA(9)	-0.432029	0.132753	-3.254378	0.0022
MA(1)	-0.304556	0.130202	-2.339093	0.0238
MA(8)	-0.263025	0.120771	-2.177882	0.0347
R-squared	0.381920	Mean dependent var		3451.720
Adjusted R-squared	0.326980	S.D. dependent var		1113.190
S.E. of regression	913.2367	Akaike info criterion		16.56651
Sum squared resid	37530054	Schwarz criterion		16.75771
Log likelihood	-409.1627	Hannan-Quinn criter.		16.63932
F-statistic	6.951540	Durbin-Watson stat		2.202506
Prob(F-statistic)	0.000191			
Inverted AR Roots	.58+.58i	.58+.58i	-.58-.58i	-.58-.58i
Inverted MA Roots	1.00	.75+.63i	.75-.63i	.15+.92i
	.15-.92i	-.46-.74i	-.46+.74i	-.78-.26i
	-.78+.26i			

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Tabla 17: Correlograma de los residuos – Producto 1000468 – Modelo 2

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.107	-0.107	0.6053
		2	0.153	0.143	1.8685
		3	-0.170	-0.145	3.4664
		4	-0.066	-0.120	3.7128
		5	-0.182	-0.163	5.6292 0.018
		6	0.033	0.003	5.6948 0.058
		7	-0.176	-0.173	7.5725 0.056
		8	-0.132	-0.263	8.6515 0.070
		9	-0.078	-0.146	9.0351 0.108
		10	-0.014	-0.113	9.0482 0.171
		11	0.044	-0.092	9.1761 0.240
		12	0.047	-0.145	9.3241 0.316
		13	0.128	-0.026	10.483 0.313
		14	0.005	-0.095	10.484 0.399
		15	0.108	-0.046	11.351 0.414
		16	0.024	-0.043	11.396 0.495
		17	0.075	0.005	11.844 0.540
		18	-0.057	-0.053	12.112 0.597
		19	-0.095	-0.165	12.864 0.613
		20	-0.043	-0.033	13.024 0.671
		21	-0.082	-0.080	13.628 0.693
		22	0.000	-0.059	13.628 0.753
		23	0.039	0.000	13.776 0.797
		24	-0.013	-0.054	13.793 0.841

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Se comparan los modelos para ver cuál de los dos cumple el mayor número de especificaciones conforme al cuarto paso de Box – Jenkins.

Tabla 18: Resumen coeficientes Producto 1000468 – Modelo 1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3474.856	113.4175	30.63773	0.0000
AR(4)	-0.328061	0.136846	-2.397307	0.0205
R-squared	0.106928	Mean dependent var		3451.720
Adjusted R-squared	0.088323	S.D. dependent var		1113.190
S.E. of regression	1062.894	Akaike info criterion		16.81456
Sum squared resid	54227697	Schwarz criterion		16.89104
Log likelihood	-418.3639	Hannan-Quinn criter.		16.84368
F-statistic	5.747079	Durbin-Watson stat		2.360196
Prob(F-statistic)	0.020456			
Inverted AR Roots	.54-.54i	.54-.54i	-.54+.54i	-.54+.54i

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Tabla 19: Resumen coeficientes Producto 1000468 – Modelo 2

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3420.156	27.18731	125.7997	0.0000
AR(4)	-0.443896	0.134736	-3.294572	0.0019
MA(9)	-0.432029	0.132753	-3.254378	0.0022
MA(1)	-0.304556	0.130202	-2.339093	0.0238
MA(8)	-0.263025	0.120771	-2.177882	0.0347
R-squared	0.381920	Mean dependent var		3451.720
Adjusted R-squared	0.326980	S.D. dependent var		1113.190
S.E. of regression	913.2367	Akaike info criterion		16.56651
Sum squared resid	37530054	Schwarz criterion		16.75771
Log likelihood	-409.1627	Hannan-Quinn criter.		16.63932
F-statistic	6.951540	Durbin-Watson stat		2.202506
Prob(F-statistic)	0.000191			
Inverted AR Roots	.58+.58i	.58+.58i	-.58-.58i	-.58-.58i
Inverted MA Roots	1.00	.75+.63i	.75-.63i	.15+.92i
	.15-.92i	-.46-.74i	-.46+.74i	-.78-.26i
	-.78+.26i			

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Tabla 20: Comparación Modelo 1 vs Modelo 2 – Producto 1000468

	MIN	MAX	MIN	MIN	MIN
1000468	SUM SQUARE RESID	LOG LIKEOOD	AKAIKE INFO CRITERION	SCHWARDS CRITERION	HANNAN QUINN CRITER.
MODELO 1	54.227.697	(418,36)	16,81	16,89	16,84
MODELO 2	37.530.054	(409,16)	16,57	16,76	16,64

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Conforme al quinto paso de Box – Jenkins y debido a que el modelo 2 cumple con la totalidad de especificaciones por ende describe de mejor manera a la serie de datos de este producto lo usaremos para pronosticar y comparar los valores reales de venta desde julio 2016.

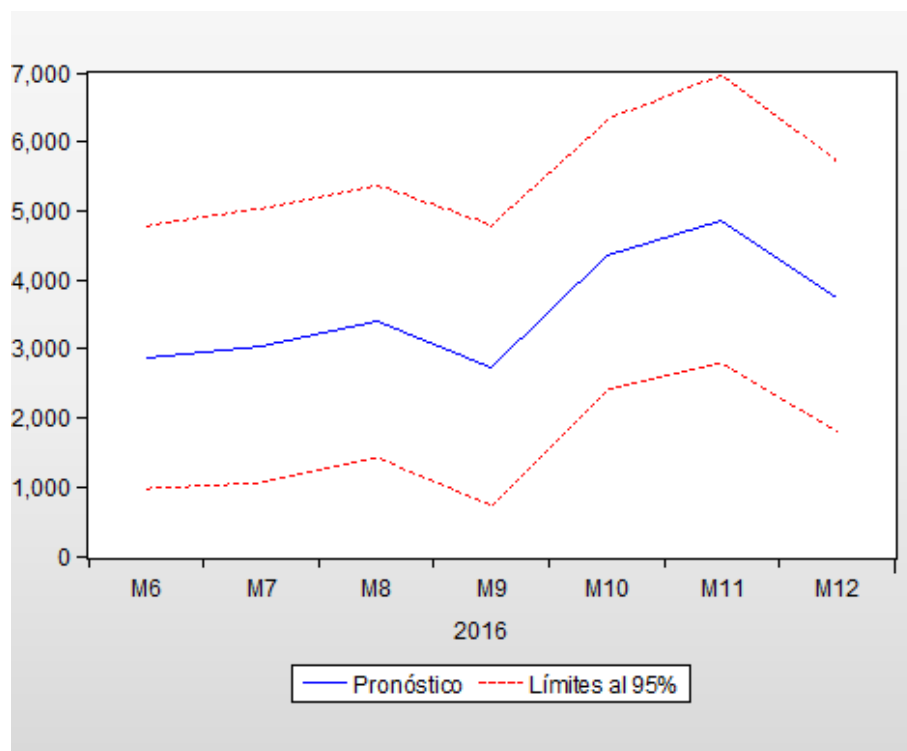


Figura 42: Pronóstico segundo semestre 2016 – Producto 1000468

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

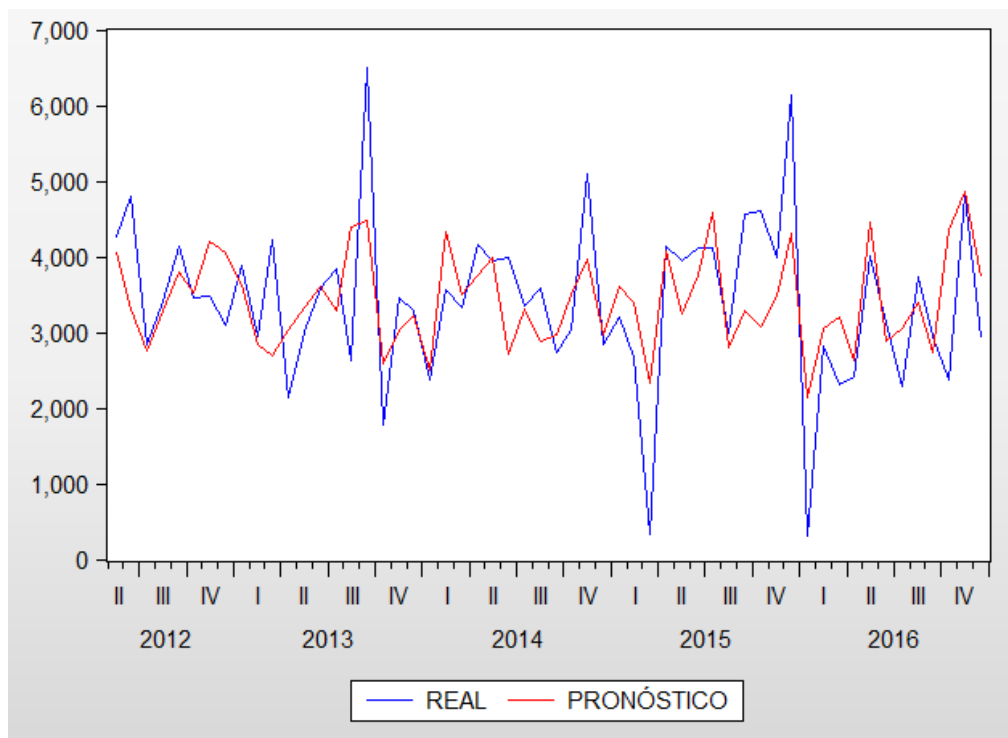


Figura 43: Comparación ventas reales vs pronostico – Producto 1000468

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Tabla 21: Índices de error de pronóstico – Producto 1000468

MAD	648,56
MSE	765877,85
RMSE	875,14
MAPE	38,25%
MPE	-23,79%

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Como se puede ver el pronóstico es muy acertado y lo cual brinda una ventaja a la hora de establecer el forecast del producto 1000468. El pronóstico da un lineamiento que se debe seguir y acompañarlo del conocimiento del Gerente de producto para obtener un valor más asertivo. Los índices de medición del pronóstico se ven afectados por valores extremos de la serie (ventas).

Tabla 22: Índices de error de pronóstico mejorado – Producto 1000468

MAD	607,27
MSE	655396,71
RMSE	809,57
MAPE	17,83%
MPE	-1,56%

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Si se modifican las cantidades de los valores extremos en los meses de enero 2016, marzo 2015 se puede ver la diferencia en los índices que miden el error del pronóstico.

4.2 Producto 1025021

A continuación se modelará la serie de tiempo de las ventas del producto 1025021 de la misma manera y siguiendo los 5 pasos de la metodología de Box – Jenkins.

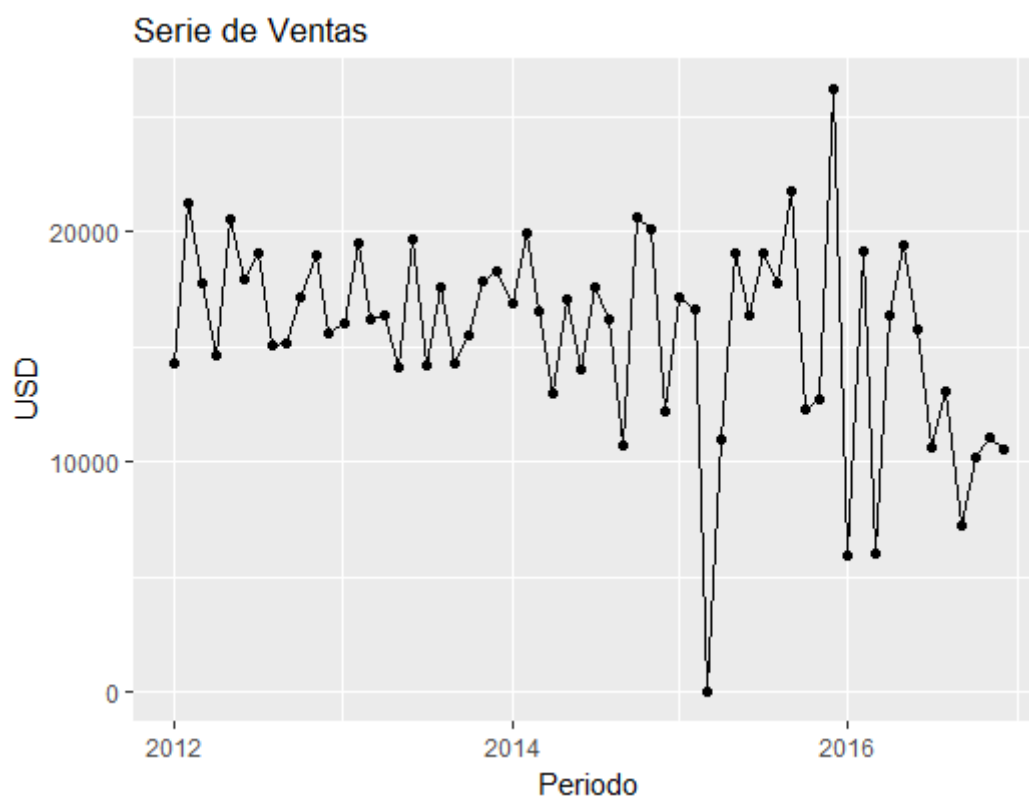


















































Figura 44: Comportamiento ventas del producto 1025021

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Para verificar la estacionariedad de la serie presentamos las estimaciones de la función de auto correlación (FAC) y la función de auto correlación parcial (FACP) de la serie.

Tabla 23: Estimaciones de función de autocorrelación y autocorrelación parcial – Producto 1025021 – Modelo 1

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.148	-0.148	1.4427	0.230
		2 0.080	0.059	1.8683	0.393
		3 0.127	0.151	2.9711	0.396
		4 -0.044	-0.010	3.1065	0.540
		5 0.057	0.028	3.3333	0.649
		6 0.014	0.012	3.3473	0.764
		7 0.105	0.115	4.1554	0.762
		8 0.095	0.120	4.8335	0.775
		9 -0.037	-0.027	4.9358	0.840
		10 -0.019	-0.082	4.9630	0.894
		11 0.220	0.204	8.7647	0.644
		12 -0.086	-0.007	9.3528	0.673
		13 0.154	0.113	11.298	0.586
		14 -0.221	-0.288	15.387	0.352
		15 -0.104	-0.217	16.308	0.362
		16 0.127	0.105	17.719	0.341
		17 -0.047	0.144	17.919	0.394
		18 0.146	0.142	19.865	0.340
		19 0.082	0.030	20.497	0.365
		20 0.037	0.018	20.630	0.419
		21 0.013	0.062	20.646	0.481
		22 -0.078	-0.050	21.259	0.505
		23 0.145	0.135	23.410	0.437
		24 0.066	-0.011	23.870	0.469

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Como se observa en la gráfica no existe periodicidad en las ventas mensuales, por lo tanto no es necesario realizar una diferencia estacional. Además, se debe examinar si la serie es estacionaria, es decir si no presenta una raíz unitaria. Para esto se realiza la prueba de estacionariedad de Dickey – Fuller, la cual contrasta la siguiente hipótesis:

Ho: La serie tiene una raíz unitaria.

Ha: La serie no tiene una raíz unitaria (la serie es estacionaria).

Tabla 24: Prueba de estacionariedad Dickey-Fuller – Producto 1025021 – Modelo 1

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-8.984347	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.540198	
5% level	-2.909206	
10% level	-2.592215	

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Puesto que el índice de Probabilidad (Prob) es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula y por ende se acepta la hipótesis alternativa por lo que se puede decir que la serie es estacionaria. Y se procede al segundo y tercer paso según Box – Jenkins que es identificar un modelo tentativo y estimarlo.

Puesto que la autocorrelacion estimada de orden 14 se sale de la banda de confianza (95%) se escoge un coeficiente MA(14).













































Tabla 25: Coeficiente de correlación MA(14) – Producto 1025021 – Modelo 1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15748.90	445.0540	35.38648	0.0000
MA(14)	-0.821833	0.035910	-22.88575	0.0000
R-squared	0.145639	Mean dependent var		16201.81
Adjusted R-squared	0.129209	S.D. dependent var		4185.838
S.E. of regression	3906.064	Akaike info criterion		19.41478
Sum squared resid	7.93E+08	Schwarz criterion		19.48845
Log likelihood	-522.1991	Hannan-Quinn criter.		19.44319
F-statistic	8.864219	Durbin-Watson stat		2.623697
Prob(F-statistic)	0.004408			
Inverted MA Roots	.99	.89-.43i	.89+.43i	.61+.77i
	.61-.77i	.22+.96i	.22-.96i	-.22+.96i
	-.22-.96i	-.61+.77i	-.61-.77i	-.89+.43i
	-.89-.43i	-.99		

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Como se ve en la tabla el coeficiente MA (14) y la constante son significativos, puesto que los valores en la columna Prob son menores a 0.05 entonces se procede a graficar el correlograma de los residuos.

Tabla 26: Correlograma de los residuos – Producto 1025021 – Modelo 1

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.335	-0.335	6.4073	
		2	0.053	-0.066	6.5731	0.010
		3	0.086	0.094	7.0158	0.030
		4	-0.051	0.014	7.1751	0.067
		5	-0.134	-0.172	8.2889	0.082
		6	-0.111	-0.261	9.0619	0.107
		7	0.160	0.062	10.702	0.098
		8	-0.082	0.059	11.145	0.132
		9	-0.107	-0.139	11.910	0.155
		10	0.018	-0.194	11.932	0.217
		11	0.151	0.099	13.527	0.196
		12	-0.019	0.191	13.553	0.259
		13	0.003	0.065	13.554	0.330
		14	0.083	-0.080	14.076	0.369
		15	-0.119	-0.217	15.180	0.366
		16	0.039	0.081	15.304	0.430
		17	-0.066	0.139	15.656	0.477
		18	0.026	-0.019	15.714	0.544
		19	0.047	-0.075	15.906	0.599
		20	0.001	0.047	15.906	0.664
		21	-0.034	0.074	16.014	0.716
		22	0.004	0.009	16.015	0.769
		23	0.070	-0.019	16.493	0.791
		24	-0.001	0.032	16.493	0.833

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)













































Los residuos aún no se pueden considerar como ruido blanco puesto que el índice de orden 1 se encuentra fuera del intervalo de confianza (95%). Por lo que adicional se toma el coeficiente AR (1).

Tabla 27: Coeficiente AR(1) MA(14) – Producto 1025021 – Modelo 1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15678.95	336.5646	46.58528	0.0000
AR(1)	-0.328955	0.133082	-2.471827	0.0169
MA(14)	-0.841720	0.032699	-25.74144	0.0000
R-squared	0.239616	Mean dependent var		16238.45
Adjusted R-squared	0.209200	S.D. dependent var		4217.145
S.E. of regression	3750.176	Akaike info criterion		19.35193
Sum squared resid	7.03E+08	Schwarz criterion		19.46346
Log likelihood	-509.8262	Hannan-Quinn criter.		19.39482
F-statistic	7.878119	Durbin-Watson stat		2.017536
Prob(F-statistic)	0.001061			
Inverted AR Roots	-.33			
Inverted MA Roots	.99	.89-.43i	.89+.43i	.62+.77i
	.62-.77i	.22+.96i	.22-.96i	-.22-.96i
	-.22+.96i	-.62-.77i	-.62+.77i	-.89-.43i
	-.89+.43i	-.99		

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Tabla 28: Correlograma de los residuos – Producto 1025021 – Modelo 1

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.044	-0.044	0.1098	
		2	-0.035	-0.037	0.1803	
		3	0.087	0.084	0.6251	0.429
		4	-0.071	-0.065	0.9229	0.630
		5	-0.262	-0.266	5.1007	0.165
		6	-0.142	-0.195	6.3584	0.174
		7	0.143	0.131	7.6580	0.176
		8	-0.098	-0.049	8.2740	0.219
		9	-0.161	-0.211	9.9963	0.189
		10	0.061	-0.106	10.246	0.248
		11	0.195	0.177	12.890	0.168
		12	0.029	0.152	12.950	0.226
		13	0.028	-0.012	13.009	0.293
		14	0.063	-0.157	13.304	0.347
		15	-0.115	-0.161	14.320	0.352
		16	-0.040	0.161	14.445	0.417
		17	-0.065	0.070	14.785	0.467
		18	0.037	-0.065	14.897	0.532
		19	0.049	-0.049	15.104	0.588
		20	-0.007	0.051	15.108	0.655
		21	-0.043	0.027	15.273	0.705
		22	0.028	0.006	15.345	0.756
		23	0.102	0.031	16.352	0.750
		24	0.037	0.068	16.487	0.791

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Puesto que la constante C, AR (1) MA (14) son significativos y los residuos se encuentran dentro de los límites de confianza (95%) el modelo para la serie es Ventas 1025021.

Otro modelo en que los coeficientes y los residuos pasan las pruebas estadísticas correspondientes es Ventas 1025021 C AR(1) MA (5) MA (9) MA (14).

Tabla 29: Coeficiente AR(1) MA(14) MA(5) MA(9) – Producto 1025021 – Modelo 2

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15621.02	226.8210	68.86938	0.0000
AR(1)	-0.374036	0.135166	-2.767244	0.0080
MA(14)	-0.440617	0.131584	-3.348559	0.0016
MA(5)	-0.299321	0.119117	-2.512840	0.0154
MA(9)	-0.242140	0.122796	-1.971889	0.0544
R-squared	0.298234	Mean dependent var		16238.45
Adjusted R-squared	0.239753	S.D. dependent var		4217.145
S.E. of regression	3677.018	Akaike info criterion		19.34718
Sum squared resid	6.49E+08	Schwarz criterion		19.53306
Log likelihood	-507.7003	Hannan-Quinn criter.		19.41866
F-statistic	5.099714	Durbin-Watson stat		2.039491
Prob(F-statistic)	0.001660			
Inverted AR Roots	-.37			
Inverted MA Roots	1.00	.82+.40i	.82-.40i	.58-.73i
	.58+.73i	.22-.97i	.22+.97i	-.20-.87i
	-.20+.87i	-.60+.75i	-.60-.75i	-.88+.43i
	-.88-.43i	-.89		

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

El correlograma de los residuos es:

Tabla 30: Correlograma de los residuos – Producto 1025021 – Modelo 2

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.023	-0.023	0.0309	
		2	0.011	0.011	0.0384	
		3	0.021	0.022	0.0641	
		4	-0.231	-0.230	3.2280	
		5	-0.075	-0.090	3.5681	0.059
		6	-0.127	-0.135	4.5749	0.102
		7	0.059	0.064	4.7956	0.187
		8	-0.032	-0.083	4.8618	0.302
		9	-0.104	-0.154	5.5848	0.349
		10	0.080	-0.003	6.0192	0.421
		11	0.174	0.206	8.1287	0.321
		12	0.031	0.024	8.1960	0.415
		13	0.026	-0.039	8.2440	0.510
		14	-0.070	-0.118	8.6123	0.569
		15	-0.130	-0.068	9.9016	0.539
		16	-0.041	0.034	10.035	0.613
		17	-0.055	-0.024	10.281	0.671
		18	0.121	0.049	11.500	0.646
		19	0.017	-0.015	11.524	0.715
		20	-0.058	-0.059	11.823	0.756
		21	-0.012	-0.070	11.836	0.810
		22	0.012	0.021	11.849	0.855
		23	-0.025	-0.056	11.909	0.889
		24	0.040	0.018	12.074	0.914

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Se comparan los modelos para ver cuál de los dos cumple el mayor número de especificaciones conforme al cuarto paso de Box – Jenkins.

Tabla 31: Resumen coeficientes Producto 1025021 – Modelo 1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15678.95	336.5646	46.58528	0.0000
AR(1)	-0.328955	0.133082	-2.471827	0.0169
MA(14)	-0.841720	0.032699	-25.74144	0.0000
R-squared	0.239616	Mean dependent var		16238.45
Adjusted R-squared	0.209200	S.D. dependent var		4217.145
S.E. of regression	3750.176	Akaike info criterion		19.35193
Sum squared resid	7.03E+08	Schwarz criterion		19.46346
Log likelihood	-509.8262	Hannan-Quinn criter.		19.39482
F-statistic	7.878119	Durbin-Watson stat		2.017536
Prob(F-statistic)	0.001061			
Inverted AR Roots	-.33			
Inverted MA Roots	.99	.89-.43i	.89+.43i	.62+.77i
	.62-.77i	.22+.96i	.22-.96i	-.22-.96i
	-.22+.96i	-.62-.77i	-.62+.77i	-.89-.43i
	-.89+.43i	-.99		

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Tabla 32: Resumen coeficientes Producto 1025021 – Modelo 2

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15621.02	226.8210	68.86938	0.0000
AR(1)	-0.374036	0.135166	-2.767244	0.0080
MA(14)	-0.440617	0.131584	-3.348559	0.0016
MA(5)	-0.299321	0.119117	-2.512840	0.0154
MA(9)	-0.242140	0.122796	-1.971889	0.0544
R-squared	0.298234	Mean dependent var		16238.45
Adjusted R-squared	0.239753	S.D. dependent var		4217.145
S.E. of regression	3677.018	Akaike info criterion		19.34718
Sum squared resid	6.49E+08	Schwarz criterion		19.53306
Log likelihood	-507.7003	Hannan-Quinn criter.		19.41866
F-statistic	5.099714	Durbin-Watson stat		2.039491
Prob(F-statistic)	0.001660			
Inverted AR Roots	-.37			
Inverted MA Roots	1.00	.82+.40i	.82-.40i	.58-.73i
	.58+.73i	.22-.97i	.22+.97i	-.20-.87i
	-.20+.87i	-.60+.75i	-.60-.75i	-.88+.43i
	-.88-.43i	-.89		

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Tabla 33: Comparación Modelo 1 vs Modelo 2 – Producto 1025021

	MIN	MAX	MIN	MIN	MIN
1025021	SUM SQUARE RESID	LOG LIKEOOD	AKAIKE INFO CRITERION	SCHWARDS CRITERION	HANNAN QUINN CRITER.
MODELO 1	703.000.000	(509,83)	19,352	19,46	19,39
MODELO 2	649.000.000	(507,70)	19,347	19,53	19,42

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Conforme al quinto paso de Box – Jenkins y debido a que el modelo 2 cumple con la mayor cantidad de especificaciones por ende describe de mejor manera a la serie de datos de este producto se usara para pronosticar y comparar los valores reales de venta desde julio 2016.

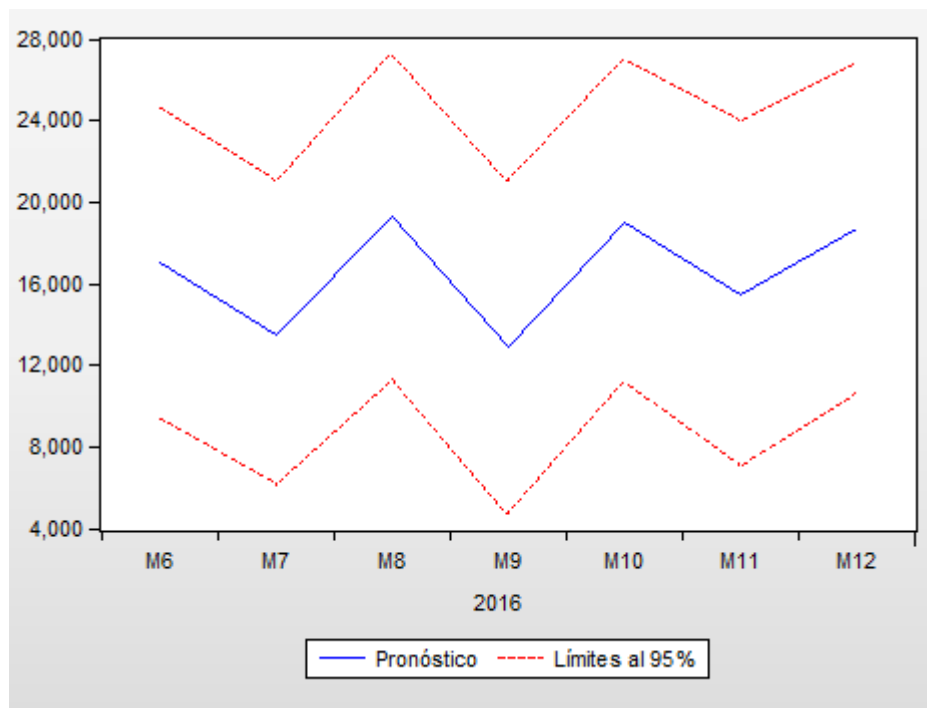


Figura 45: Pronóstico segundo semestre 2016 – Producto 1025021

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

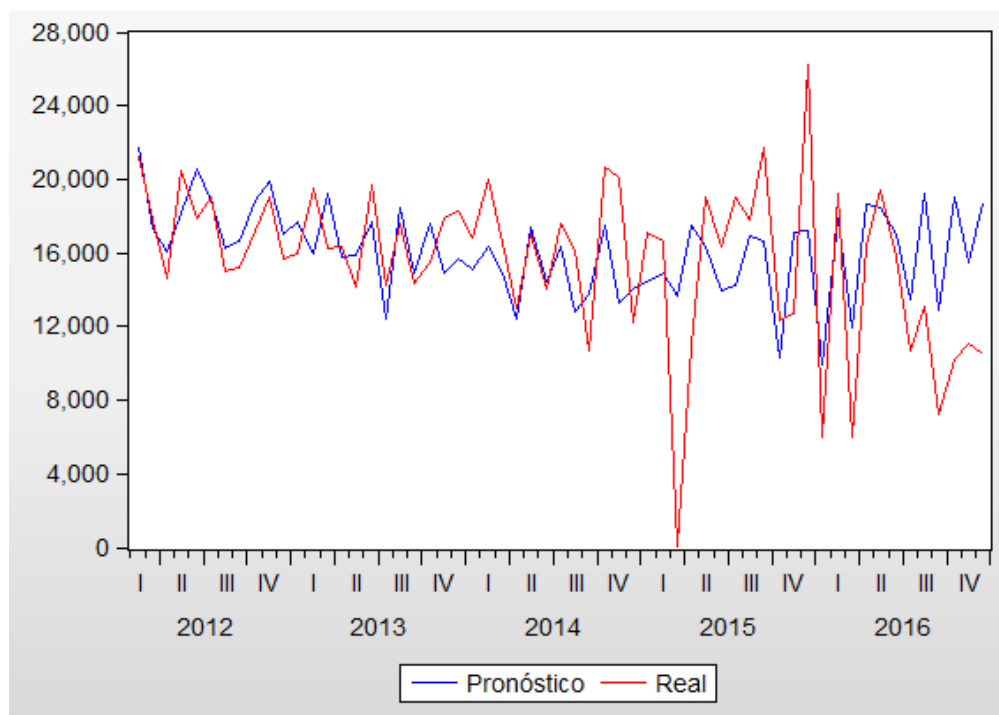


Figura 46: Comparación ventas reales vs pronostico – Producto 1025021

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Tabla 34: Índices de error de pronóstico – Producto 1025021

MAD	2938,69
MSE	15136916,77
RMSE	3890,62
MAPE	1173,87%
MPE	-1160,89%

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

Como se puede ver el pronóstico para este producto no tan acertado a la hora de comprarlo con las ventas reales esto se debe a que por políticas internas de la compañía las ventas de este producto se han visto afectadas en el último semestre del año 2016, en especial el dato de venta de marzo de 2015 en donde no se vendieron unidades por una estrategia comercial. Esto se ve reflejado en los valores obtenidos después de realizar las pruebas de error de pronóstico en donde sí se reemplaza las ventas de marzo de 2015 actual (0) por la media (15627) se obtiene lo detallado en el cuadro a continuación, una variación reducida por ende un error menor.

Tabla 35: Índices de error de pronóstico mejorado – Producto 1025021

MAD	2741,81
MSE	12064110,09
RMSE	3473,34
MAPE	20,56%
MPE	-7,15%

Fuente: (Empresa Farmaceutica 3, 2017, Consolidado de ventas – enero 2012 a diciembre 2016)

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se ha cumplido con el propósito principal de este estudio, el cual es determinar si la aplicación del control estadístico de procesos iba a tener inferencia en una empresa farmacéutica del Ecuador y con los resultados obtenidos se afirmó esta hipótesis.

Se determinaron que los métodos de control estadístico de procesos y su implementación permitirán la optimización del inventario mediante el monitoreo del producto vendido.

Se establecieron los diagramas de control adecuados para el estudio de los datos de venta de la compañía los cuales fueron la carta para datos individuales y rangos móviles para medir la variación de las ventas mensuales.

Se determinó un modelo de pronósticos para la serie de datos del estudio el cual es ARMA y ARIMA según la metodología de Box-Jenkins el cual es un proceso que permite realizar un pronóstico mensual muy acertado siempre y cuando la variable tenga valores constantes.

Se comprobó mediante los índices de medición del error del pronóstico tales como el MAD, MSE, RMSE, MAPE, MPE que el mismo es afectado por los datos extremos pero si se modifican dichos valores el pronóstico es acertado.

Se planteó una solución al problema de la empresa mediante la aplicación de los procesos y metodologías presentadas en este estudio y se concluye que se puede llegar a la optimización del uso de recursos logrando así una mejora importante en la eficacia y eficiencia de la organización.

Se utilizaron los diagramas de Pareto en este estudio y se comprobó que el 80% de las ventas de la compañía está centrado en el 20% de la cartera de productos.

Los datos de ventas de la organización se analizaron mediante el control estadístico de procesos con el fin de identificar con pruebas gráficas que el método de elaboración actual del Forecast es erróneo, tal y como se mostró en el análisis de las cartas de control de cada producto la brecha entre los valores reales y los pronosticados es enorme y gracias a este estudio se evidencio lo antes mencionado.

Es importante tener en cuenta la variabilidad de las ventas puesto que dependen de muchas variables y estrategias propias o ajenas al proceso, debido a esto no podemos aplicar procesos de pronóstico usuales tales como Medias Móviles, Etc.

Los métodos usados fueron sugeridos por expertos matemáticos y economistas con muchos años de experiencia en el ámbito educativo y laboral quienes brindaron los lineamientos que me llevaron a realizar una investigación profunda cuyo resultado es presentado en el presente trabajo.

5.2 Recomendaciones

Para realizar y aplicar el control estadístico de procesos a una variable es recomendable estudiar previamente la variable que se va a usar para determinar la carta de control correcta de acuerdo a su comportamiento y variabilidad.

Se recomienda usar una muestra mínima de datos de 48 periodos obtener una mejor estimación de los mismos lo que permitirá apreciar su comportamiento de mejor manera.

Se aconseja revisar y analizar el proceso de obtención de índices relevantes para el control estadístico tales como límites superior e inferior y rango medio.

Se recomienda observar los diferentes tipos de patrones que puede presentar una carta de control para obtener una interpretación acertada.

Es aconsejable comprender las características principales de los tipos de series de tiempo así como sus variaciones y componentes para determinar el modelo óptimo en cada caso de estudio.

Se recomienda aplicar el presente estudio en empresas productoras o que brindan un servicio de todo tipo de industria del país.

Se recomienda usar datos históricos reales que permitan una verificación previa con valores pronosticados a futuro y lo real.

REFERENCIAS

1. Ayala, M. R. (2014). *El Mercado Farmaceutico en el Ecuador*.
2. Chapman, S. N. (2006). *Panificación y Control de la Producción*. México: Pearson Education.
3. Empresa Farmacéutica 1. (2015). *Ecuador*. Obtenido de http://www.msd.com.ec/msdec/corporate/about/ec_in_country.html
4. Empresa Farmaceutica 2. (2009). *Visión, misión y valores*. Obtenido de <http://spiensaenti.com/vision-mision-valores.aspx>
5. Empresa Farmaceutica 3. (2017). *¿Quiénes somos?* Obtenido de <http://www.corporativo.msd.com.ec/acerca-de-nosotros/acerca-msd.xhtml>
6. Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). *Administración y control de la calidad*. Mexico, D.F.: Cengage Learning.
7. Gutiérrez, H., & De La Vara, R. (2009). *Control Estadístico de la Calidad Y Seis Sigma*. México D.F.: Mc Graw-Hill.
8. Hanke, J. E. (2010). *Pronósticos en los Negocios*. México: Pearson.
9. Levin, R. I., & Rubin, D. S. (2005). *Estadística para Administración y Economía*. México, D.F.: Pearson.
10. Prat Bartés, A. (2008). *Control y mejora de la calidad*. Edicions UPC.
11. Rios, G. (2008). *Series de tiempo*. Santiago: Universidad de Chile.